

ВОВЕД

Како и во секоја друга научна гранка, така и во геомеханиката постојат правила и прописи, односно стандарди кои со нивната примена претставуваат услов за квалитетот и нормативите кога станува збор за примена на геомеханиката како наука.

За да се усвои некој стандард, претходно се изведуваат тестови со чија помош се добиваат одредени резултати, а врз база на тие резултати се усвојува стандард кој понатаму се применува во пресметките за одреден предмет.

Во Република Македонија за целите на геомеханиката се применуваат т.н. МК-стандарди, а во Европа се применуваат стандарди кои се опфатени во еврокод 7. И едните и другите за главна цел ја имаат стандардизацијата на тлото во смисла на неговите механички, физички и хемиски својства, а од тие својства понатаму зависат сите потребни параметри кога се во прашање пресметките од геотехнички карактер за некој проект.

МК-стандардите (базирани врз поранешните ЈУ-стандарди кои се усвојувани од 1968 до 1992 год) и стандардите во еврокод 7 (усвоени во поново време, односно од 2004 до 2006 год., кои се базираат на претходните европски норми ENV кои датираат од 1994 до 1999 год) се усвојувани во различно време, со помош на различни тестови и под различни барања, а поради што и меѓу себе се разликуваат. Во некој дел дури и не се среќаваат стандарди за иста намена, односно стандарди претставници на двете страни помеѓу кои може да се направи корелација.

Ние во нашиот труд ќе се потрудиме (таму каде што е можно) да направиме корелација помеѓу МК-стандардите и стандардите во еврокод 7 применувани во геомеханиката.

1. КОРЕЛАЦИЈА НА МК – СТАНДАРД МКС У_Б1_001 И ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892 – 4

1.1. МК-СТАНДАРД, МКС У_Б1_001

Општа класификација на тло

1.1.1. Предмет на стандардот

Со овој стандард се утврдува општата класификација на тлото, базирано врз лабораториско одредување на гранулометарскиот состав, границите на течење, индекс на пластичност, како и утврдување со помош на теренска идентификација.

Сите видови на тло се калсифицирани во 15 групи. Секоја група е означена со по две букви. Првата буква го означува главното име на тлото, а втората буква обично означува некоја битна особина на тоа исто тло.

1.1.2. Ознаки

G - песок,

S - чакал,

M - прашина, но ако оваа буква се стави како втора после G или S, тогаш означува примеси на непластични или пластични честички во песок или чакал,

C - глина, но ако оваа буква се стави како втора после G или S, тогаш означува пластични честички во песок или чакал,

Pt - тресет и строго изразено органско тло,

O - тло со изразени органски примеси,

W - добро гранулирано тло,

P - слабо гранулирано тло,

L - ниска пластичност,

H - висока пластичност.

Озанките ги претставуваат почетните букви од англиското име на главните видови на тло и карактеристичните особини во поглед на гранулометарскиот состав и пластичноста.

1.1.3. Класификација

Како прво се одредува процентот на присутните честичките поситни од 0.075мм

- **класификација на тло со крупна гранулација.**

Ако тлото содржи повеќе од 50% честички поголеми од 0.075 мм, се класифицира како крупнозрнесто. Крупнозрнестите тла се делат на чакал и песок, во зависност од тоа дали во крупната фракција на честичките (поголеми од 0.075 мм) преовладуваат зрна поголеми или помали од 2 мм. Овој однос се одредува со помош на дијаграм за граналуметарски состав или, во теренски услови, визуелно со посматрање на примерокот од тлото.

Ако помалку од 5 % од честичките поминале низ сито со големина на отворите од 0.075 мм, се одредува коефициент на униформност (C_u) и коефициент на зрнетост (C_c) кои се прикажани со равенките:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{и} \quad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

(D_{10} , D_{30} , D_{60}) – големина на честичките кои одговараат 10, 30 и 60 % проток на гранулометарскиот состав на тлото.

Групите GW и SW опфаќаат чакалесто или пескливо тло кое има коефициент на униформност $C_u > 4$ за чакал и $C_u > 6$ за песок и коефициент на зрнетост (C_c) помеѓу 1 и 3. Групите GP и SP опфаќаат чакалесто или пескливо тло кое не ги задоволува потребите од претходните групи (GW и SW). Овде преовладува една фракција или распон помеѓу фракциите, додека поедини меѓуфракции недостасуваат.

Групите GM и SM опфаќаат чакалесто или пескливо тло кои содржат повеќе од 12 %, а помалку од 50 % примеси од пластични честички на ситнозрнесто тло (поситни од 0,075 мм). Индексот на пластичност и границата на течење на ситните фракции $D_{0.5}$ мм на тоа тло се пресекуваат под „А“ линијата на дијаграмот за пластичност или имаат индекс на пластичност помал од 4. Гранулацијата не е важна, па затоа во овие групи можат да се вбројат и добро и слабо гранулирани материјали. Некои видови песок или чакал кои спаѓаат во оваа група можат да содржат природно цементно врзиво од варовник и оксиди на железо, па од таа причина мешавината ќе има извесна

цврстина во својата природна состојба. Ситната фракција може да биде од прашина и од камено брашно (гнус) со мала пластичност или без пластичност, во тој случај ќе биде без цврстина во својата природна состојба.

Групите GC и SC опфаќаат чакалесто или песокливо тло кои содржат повеќе од 12 %, а помалку од 50 % примеси од пластични честички на ситнозрнесто тло (поситни од 0,075 мм). Индексот на пластичност и границата на течење на ситните фракции D 0.5 мм на тоа тло се пресекуваат над „А“ линијата на дијаграмот за пластичност.

Гранулацијата не е важна, бидејќи пластичноста на ситнозрнестите фракции (врзива) имаат повеќе влијание на однесувањето на тлото отколку варијацијата во поглед на граналуметарскиот состав. Ситната фракција се состои главно од глина, а индексот на пластичност е повеќе од 7.

Групи *мешовити тла* се сметаат чакал и песок кои содржат помеѓу 5 и 12 % примеси од ситни фракции и се означуваат со двојни ознаки, на пример GW – GC, SP – SM итн. Исто така, и во поглед на пластичните особини на примесите, во мешовити тла се вбројуваат оние тла чија фина фракција ќе падне во шрафираниот дел на дијаграмот за пластичност (над „А“ линијата со индекс на пластичност од 4 до 7). Нивната ситна фракција е прашина и глина со особина на мала пластичност, па затоа и овде е неопходно употреба на двоен знак, на пр. SM – SC, GM – GC.

- **класификација на тло со ситна гранулација.**

Ако тлото содржи повеќе од 50 % честички поситни од 0,075 мм, се смета за ситнозрнесто тло. Класификацијата на прашините или глините со ниска или висока пластичност, како и карактерот на ситнозрнестите примеси кога ги има во песокот и чакалот, се врши врз основа на Артербергови граници на течење WL и граница на пластичност Wp. На дијаграмот за пластичност на апсцисата се нанесува границата на течење WL, а на ординатата се нанесува индексот на пластичност $I_p = W_L - W_p$, па оттука класификацијата се врши врз основа на положбата на нанесените вредности во однос на тн. „А“ линија на дијаграмот. Во теренски услови класификацијата во поглед на пластичните особини се врши со помош на едноставни тестови со метод за теренска идентификација.

Групи ML и MH, поделбата помеѓу овие две групи е востановена на границата на течење $W_L = 50$, а според што и двете групи лежат под „А“

линијата. Овие групи опфаќаат тло од песклива прашина, прашковидни и глиновити песоци, неорганска прашина, лес и камено брашно. Често се класифицираат како ML, освен т.н. лискунско и дијатомејско тло, кои обично спаѓаат во MH група.

Групите CL и CH претежно ги опфаќаат неорганските глини. Поделбата помеѓу овие две групи е на границата на течење $WL = 50$, а според што и двете групи лежат над „А“ линијата на дијаграмот за пластичност. Глините со ниска пластичност, кои се класифицираат како CL група, обично се т.н. посни глини, прашковидни глини или песочни глини. Високопластичните глини се класифицираат како CH група. Тло кое ќе падне во шрафираниот дел на дијаграмот за пластичност (над „А“ линијата со $I_p = 4$ до 7) претставува мешовито тло помеѓу прашина и глина со ниска пластичност, па затоа имаат потреба од употреба на двојна ознака M1 – CL.

Групи OL и OH, поделбата помеѓу овие две групи е аналогна како кај ML и MH. Тлото во оваа група се карактеризира со тоа што содржи примеси на органски материи во прашина и глините.

Група Pt, во оваа група се класифицираат изразито органски тла кои се многу стисливи и имаат непосакувани карактеристики за употреба во градежни цели. Типични тла за оваа група се тресет и други тла со изразена високоорганска текстура. Во нив често се наоѓаат делови од лисја, трева, гранки и слично.

1.2. ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892 - 4

Тестови за класификација, идентификација и опишување на тло

1.2.1. Одредување на густината на честичките

Целта на тестот е одредување на густината на честичките на цврсто тло со вообичаен метод. При изборот на методот за тестирање што ќе се употреби трба да се земе предвид видот на тлото.

Ако за одреден слој измерените вредности на густината на честички не се во нормално очекуваниот опсег од $(2.500 \text{ до } 2.800) \text{ kg/m}^3$, ќе се провери минералогиската на тлото, неговите органски материи и неговото геолошко потекло.

1.2.2. Анализи на големината на честичките

Целта на тестот е одредување на процентуалната застапеност на поединечните големина на честички што се наоѓаат во тлото. За анализи на големината на честичките ќе се користат два метода, во согласност со големината на честичките:

- *метод на сеење за големина на честички $> 63 \mu\text{m}$ (или најблиското достапно сито);*
- *метод на седиментација со користење на хидрометар, или пипета, за честички $> 63 \mu\text{m}$ (или најблиското достапно сито).*

Можат да се користат и еквивалентни методи, под услов дека се калибрирани според двете претходно спомнати методи (метод на сеење и метод на седиментација). Пред седиментацијата, тест-примероците од ситнозрнесто тло не смее да се сушат. Ако е потребно, треба да се употребат постапки за отстранување на органските материи, соли и карбонати пред сеењето и седиментацијата, или за корекции за да се опфати присуството на карбонати, соли и органски материјал. Треба да се земе предвид дека за некои тла, на пример варовничко тло, третманот за отстранување на карбонати е некорисен.

Во извештајот треба да се наведе следното:

- *кој начин на сушење е употребен;*
- *дали органските материи, солите и карбонати биле отстранети и на кој начин; содржината на карбонати и/или органски материи, ако е потребно;*
- *дали се наведуваат масните делови во однос на вкупната маса (заедно со карбонатите и органските материи).*

Големината на честички, таква што n % од честичките по тежина се помали од таа големина, може да се означи со (D_n). Големините на честички (D_{10} , D_{30} и D_{60}), можат да се употребат за одредување на коефициентот на униформност и коефициент на искривеност. Големините на честички (D_{15} и D_{85}) можат да се употребат за филтерен критериум за почвата.

1.3. КОРЕЛАЦИЈА

МК-стандард ја пропишува општата класификација на тлото, опфаќа повеќе видови на тло кои се групирани во 15 групи, а каде секоја група е означена со по две букви. Првата буква го означува главното име на тлото, а втората буква означува некоја битна особина на тоа исто тло.

Овој стандард, покрај тоа што ги пропишува ознаките кои идентификуваат одредено тло, уште и го класифицираат тлото според својот состав во смисла на гранулацијата според што тлото го дели на две главни групи, и тоа на крупнозрнесто и ситнозрнесто тло, каде:

- *ако тлото содржи повеќе од 50% честички поголеми од 0.075 мм, се класифицира како крупнозрнесто,*
- *ако тлото содржи повеќе од 50 % честички поситни од 0,075 мм, се класифицира како ситнозрнесто.*

Во крупнозрнестите ги вбројува чакалот и песокот кои содржат меѓу 5 и 12 % примеси од ситни фракции, а во ситнозрнестите спаѓаат прашините и глините со ниска или висока пластичност кои содржат повеќе од 50 % честички поситни од 0,075 мм.

Со овој стандард се добива коефициент на униформност (C_u) и коефициент на зрнетост (C_c) кои се прикажани со равенки дадени во описот на самиот стандард, а пак со чија помош се одредува индексот на пластичност кај ситнозрнестите почви. Кај крупнозрнестите почви пластичноста е многу мала или еднаква на нула што зависи од потеклото на ситните примеси кои ги содржи самото тло. Според овој стандард, кај крупнозрнестите почви коефициентот на униформност $C_u > 4$, а коефициентот на зрнавост $C_c > 6$.

Овој стандард тлото го класифицира во делот на именувањето на самото тло, во делот на зрнетоста, во делот на униформираноста и во коефициентот на пластичноста на тлото.

Евростандардот со тестот за класификација на тлото има за цел да ја одреди густината на честичките на цврстата почва. Според евростандардот, доколку измерените вредности на густината на честички со овој тест не се во опсег од (2.500 до 2.800) kg/m^3 , тогаш бара да се провери минералогичката на почвата, нејзините органски материи и нејзиното геолошко потекло.

Главната цел на тестот е процентуалната застапеност на поединечните

големини на честички што се наоѓаат во почвата. За анализа на големината на честичките овој тест користи два метода, и тоа:

- метод на сеење за големина на честички $> 63 \mu m$ (или најблиското достапно сито);
- метод на седиментација со користење на хидрометар, или пипета, за честички $> 63 \mu m$ (или најблиското достапно сито).

Според овој тест, големината на честичките D_{10} , D_{30} и D_{60} , можат да се употребат за одредување на коефициентот на униформност и коефициент на искривеност. Додека големината на честичките D_{15} и D_{85} можат да се употребат за филтерен критериум за тлото. Споредбено основните цели МК-стандард и евростандардот се различни, односно не ги пропишуваат истите карактеристики кај класификацијата на тлото.

МК-стандард го групира тлото во повеќе групи (во зависност од неговиот состав) и секоја група ја именува со по две букви за подобро распознавање на неговиот состав, а евростандардот во зависност од тежината на тлото бара проверка на минералогичката на тлото.

Во делот на прописите што се однесуваат на коефициентот на униформност (C_u), процентот на големина на честичките (D_{10} , D_{30} , D_{60}) за добивање на (C_u) и во двата стандарда се користи истиот, со таа разлика што во МК-стандард се добива и коефициент на зрнетост (C_c) со користење на истите проценти на големина на честичките, а пак во евростандардот со помош на процентот на честичките од (D_{15} и D_{85}) се добива филтерен критериум за почвата.

2. КОРЕЛАЦИЈА НА МК - СТАНДАРД МКС У_Б1_003 И ЕВРОКОД 7, EN ISO 14688-1

2.1. МК-СТАНДАРД, МКС У_Б1_003

Теренска идентификација на примероци од тло

2.1.1. Предмет на стандардот и негова врска со други стандарди.

Со овој стандард се утврдува начинот на теренска идентификација на даден примерок од тло поради полесна класификација на самиот примерок.

Овој стандард е тесно поврзан со стандардите за геомеханички испитувања и општа класификација на тло.

2.1.2. Теренска идентификација на примероци од тло.

Оваа идентификација се врши за многу кратко време и со доста едностави методи. Крупнозрнестото тло се разликува со голо око од ситнозрнестото. Органското тло се карактеризира со непријатен мирис и темна боја. Овде тлото се идентификува според поедини делови на присутните зрна со визуелна процена, а според условите дадени во стандардот „општа класификација на тло“ се идентификува во поглед на процентуалното присуство на одредена големина. Тлото се опишува со симболите кои ги одредува стандардот „општа класификација на тло“. Можат да се применат и двојни симболи доколку тлото се наоѓа на границата помеѓу две различни квалификациски групи (мешано тло).

2.1.3. Идентификација на крупнозрнесто тло

Ова идентификација се врши визуелно и со помош на чекан, метро, лупа и хлороводородна киселина. Сув примерок од материјалот се разредува на рамна површина и се утврдува: гранулацијата, големината на зрната, обликот на зрната, содржината на CaCO_3 , тврдоста на зрната и степенот со кој е зафтаено распаѓањето.

- **граналуметарски состав**

Граналуметарскиот состав најлесно се одредува визуелно или ако во епрувета или чаша со вода се стави мала количина од материјалот и по неколку протресувања се набљудува брзината на таложење на честичките. Песокот се наталожува за 30 до 60 s, прашината за 15 до 60 min, а глината се таложи неколку часови или денови, освен ако не настапи флокулација на честичките. Процентуалното учество на поедини фракции се одредуваат со мерење на висината на натолужените материјали во садот и се утврдува дали гранулацијата е добра (ако големината на зрната континуирано се намалува), и слаба или еднолична (ако големината на зрната не се менува брзо).

- **Големина на зрната**

Големината на зрната се одредува со мерње на просечниот пречник на зрната.

- **Форма на зрната**

Формата на зрната се одредува со голо око и лупа. Межат да бидат: кружни, во вид на коцка, плочести, валчести, клинест и иглични со остри полузаоблени и заоблени рабови.

- **Присуство на CaCO_3**

Присуството на калциум-карбонат (CaCO_3) приближно се одредува со истурање на 20 % хлороводородна киселина (HCl) врз примерокот. Според јачината и времетраењето на шумот се оценува приближното присуство на CaCO_3 :

- нема шум ----- помалку од 1% (м/м),
- има слаб и краток шум ----- 1 до 2 % (м/м),
- има силен и краток шум ----- 2 до 4 % (м/м),
- има силен и долг шум ----- 5 % (м/м).

- **Тврдост**

Тврдоста се проценува со помош на удар со чекан или со зрно на минерал за кој е позната тврдоста. Се изразува според Мосовата скала.

- **Степен на зафатеност од распаѓање**

Степенот на зафатеност од распаѓање се оценува врз основа на промената на бојата и лесната дробливост на поедини зрна.

2.1.4. Идентификација на ситнозрнесто тло

Оваа идентификација на теренско испитување се распознава многу потешко, бидејќи честичките не можат да се распознаваат со голо око, а посебно кога тлото се состои од компоненти на прашина, глина и ситен песок.

Во овој случај се користат следните експерименти:

- експеримент со тресење,
- експеримент со пластичност,
- експеримент со оцена за конзистента состојба,
- експеримент со сјајност,
- експеримент со сува цврстина,

- експеримент со киселина,
- експеримент со мирис и боја.

- **експеримент со тресење**

Експериментот со тресење се состои од наизменично тресење на разреден влажен примерок на дланката. Примерокот се подготвува со додавање на вода за да добие мека конзистенција, но да не биде леплив. На дланката од раката се формира полукружна форма од примерокот, со пречник од околу 3 см. Површината на примерокот се замазнува со нож или шпакла. Дланката на раката се подига хоризонталано и се удира неколку пати со другата рака по дланката.

Појавувањето на вода на површината на примерокот по тресењето и исчезнување при собирање на шаката е во зависност од компонентите кои преовладуваат, а може да биде брзо или бавно или, пак, да не се појави вода. Ако на површината брзо се појави вода (сјајна површина), тоа значи дека примерокот се состои претежно од ситен песок и прашина. Бавното појавување и бавно повлекување на водата со помала сјајност покажува дека главната компонента е прашковидна. Многу бавно појавување или нејзино повлекување од површината на примерокот покажува дека примерокот е глина.

- **експеримент за пластичност**

Пластичните особини се одредуваат на фракции на материјал со зрна поситни од 0,5 мм, бидејќи покрупните зрна не влијаат на пластичноста па затоа треба да се отстранат бидејќи го отежнуваат самиот експеримент. Материјалот се просејува низ сито со големина на отворите од 0,5 мм, а потоа се одвојува 7 до 8 см и се замесува со вода сè додека не стане еднообразна конзистенција слично како кај стакларски кит. Потоа примерокот се вала на рамна површина или помеѓу дланките сè додека не се создаде валјак со дебелина од околу 3 мм, потоа повторно се собира во грутка и повторно се вала. Ова постапка се повторува сè дотогаш додека валјакот од таа дебелина при месењето, а како резултат на губитокот на водата, не стане толку крут за да почне да се крши. На тој начин е постигната границата на пластичност, која се интерпретира на следниот начин:

- *материјали со висока пластичност* (мрсни глини) се познава по тоа што се добива тврд валјак од 3 мм, на границата на пластичност. Ако се собере во грутка, тогаш таа под притисок на палецот не се дроби, туку само се деформира и тоа без пукнатини.

- *материјали со средна пластичност* (посни глини) се распознаваат по тоа што се добива средно тврд валјак од 3 мм, на границата на пластичност. Кога кај овој примерок се формира грутка и се притисне со палецот, на неа се појавува пукнатина.

- *материјали со ниска пластичност* (каде како главни компоненти преовладуваат прашината и ситниот песок) се распознаваат по тоа што добиениот валјак од 3 мм на границата на пластичност, мора претпазливо да се вала бидејќи многу лесно се крши.

- *материјали без пластичност* (ситни песоци или ситни песоци со малку примеси) тие не можат да се валаат и да се добие валјак од 3 мм.

- **експеримент за оцена на конзистентна состојба**

Врз база на можноста за валање на материјалот при природна влажност, се оценува:

- *цврста конзистентна состојба* – не може да се вала,
- *тешко гмечлива конзистентна состојба* - се вала до валјак со дебелина од 3 мм,
- *лесно гмечлива конзистентна состојба* – се вала во валјак потенок од 3 мм,
- *лабава конзистентна состојба*.

- **експеримент за сјајност**

Се изведува на начин што природно влажниот примерок се засечува со остар нож. Тло со голема пластичност има изразена сјајна засечена површина, со средна пластичност има помалку сјајност, додека кај прашковидните и песокливи тла нема сјај.

- **експеримент за цврстина во сува состојба**

Овој експеримент се врши на сув примерок кршејќи го и дробејќи со прстите. Сувата цврстина расте со растењето на пластичноста. Големата сува цврстина е карактеристика за високопластичните глини. Прашновидните и песокливи тла имаат мала сува цврстина, ама можат да се разликуваат според остријата на честичките. Ситниот песок е остар, додека прашината не е.

- **експеримент со киселина**

Овој експеримент главно служи за приближно одредување на калциум-карбонат (CaCO_3) во тлото. Се врши со помош на разредена 20% хлороводородна киселина, која се покапува врз примерокот, а се оценува според правилата дадени во поглавјето „присуство на CaCO_3 “

- **експеримент за мирис и боја**

Овој експеримент е значаен за утврдување на присуство на органски материи во ситнозрнестото тло. Темната боја и специфичниот остар мирис на распадатите органски материи укажуваат на присуство на голема количина органски материјали во тлото. Овој мирис најдобро се осеќа кај свеж примерок. Тој постепено се губи, но може да се зголеми со загревање. Кога се сондира секогаш треба да се напомене и бојата на примерокот како показател на потеклото на тлото и присуството на примеси.

2.2. ЕВРОКОД 7, EN ISO 14688 -1

Тестови за класификација, идентификација и опишување на тло

Идентификацијата на тлото, врз основа на испитување на земените примероци, ќе биде во согласност со EN ISO 14688-1.

2.2.1 Планирање на земањето почвени примероци

Класата на квалитет и бројот на примероци што ќе се земат ќе биде врз основа на целите на истражувањето на тлото, геологијата на локацијата и комплексноста на геотехничката конструкција и градбата што ќе се проектира. Две различни стратегии можат да се следат за земање примероци со дупчење:

- Дупчење со цел земање целосна почвена колона, со примероци добиени од алатки за дупчење во дупката и со посебни семплери на избрани длабочини од дното на дупката.
- Дупчење за да се земат примероци само од одредени однапред дефинирани длабочини, на пример со посебно спроведени тестови за пробивање.

Категории за земање примероци ќе бидат избрани според саканата класа за лабораториски квалитетет, како што е наведено во табела 1, очекуваните почвени видови и условите на подземните води.

Забелешка: Земањето целосно непореметени тест-примероци е практично невозможно поради, меѓу другите фактори, механичките нарушувања предизвикани при операциите на земање примероци и поради неизбежното ослободување од напрегањето при вадење на примерокот. Влијанието на овие фактори врз степенот на нарушување зависи од категоријата за земање примероци што се користи и видовите примероци на тлото. Типот на тлото од кој се земаат примероците има одлучувачко влијание врз степенот на нарушувањето на добиените примероците при исти начини на земање примероци. Така, многу чувствителните тла се подложни на нарушување, додека за помалку чувствителните тла, какви што се повеќето крути глини, можат да бидат потребни помалку рестриктивни методи на земање примероци за добивање прилично непореметени примероци. Од друга страна, секој проблем бара различен степен на прецизност за параметри на тлото што ќе се користат. Како последица на тоа, при подготовката на програмата за земање примероци, погоре споменатите фактори треба да се земат предвид за да се одлучи кој степен на нарушување е прифатлив и, според тоа, и потребниот начин на земање примероци.

За даден проект, можат да бидат потребни специфични методи и опрема за земање примероци во рамките на категориите на земање примероци. На пример, ова е случај кога треба да се утврди модулот на деформација (крутост) при мали поместувања во непореметени примероци.

2.2.2. Категории на начините на земање примероци и лабораториски класи на квалитет на примероците

Примероците ќе ги содржат сите минерални состојки на слоевите од кои биле земени. Тие нема да бидат контаминирани со каков било материјал од други слоеви или од адитиви што се користат во текот на постапката за земање примероци. Ќе се разгледаат три категории на начини на земање примероци, во зависност од саканиот квалитет на примерокот, како што следува (за квалитет на примерокот е дадено во табела 1):

- Категорија А начин на земање примероци: можат да се добијат примероци со квалитет од класа 1 до 5;
- Категорија Б начин на земање примероци: можат да се добијат примероци со квалитет од класа 3 до 5;
- Категорија С начин на земање примероци, можат да се добијат само примероци со квалитет од класа 5.

Примероците од класите на квалитет 1 или 2 можат да се добијат само со користење категорија А начин на земање примероци. Намерата е да се добијат примероци со квалитет од класа 1 или 2, во кои нема или се случиле само мали нарушувања во структурата на почвата во текот на постапката на земање примероци или при обработка на примероците.

Содржината на вода и односот на празнините во тлото одговараат на оние *in-situ*. Не се случиле промени во составните делови или во хемискиот состав на тлото. Одредени непредвидени околности, како што се варијации во геолошките слоеви, можат да доведат до добивање на пониски класи на квалитет на примерок.

Користењето категорија Б начин на земање примероци ќе ја исклучи можноста од постигнување класа на квалитет на примероците подобра од 3. Намерата е да се добијат примероци кои ги содржат сите составни делови на *in-situ* почва во нивниот оригинален сооднос и почвата да ја задржи својата природна содржина на вода. Општиот распоред на различните слоеви почва или компоненти можат да бидат идентификувани. Структурата на тлото е пореметена. Одредени непредвидени околности, како што се варијации во геолошките слоеви, можат да доведат до добивање на пониски класи на квалитет на примерок.

Со користење категорија С начин на земање примероци, не може да се добијат примероци со класа на квалитет подобар од 5. Структурата на тлото во примерокот е потполно променета. Општиот распоред на различните слоеви на тлото или компоненти е изменет, така што *in-situ* слоевите не можат да бидат прецизно идентификувани. Содржината на вода на примерокот не мора да ја претставува природната содржина на вода од слојот на тлото што се испитува.

Примероците од тлото за лабораториските тестови се поделени во пет класи на квалитет во однос на својствата на тлото што се претпоставува дека се непроменети во тек на земањето примероци и ракувањето, транспортот и складирањето. Класите се опишани во *табела 1*, заедно со категоријата на земање примероци што треба да се користи.

Својства на тлото / класа на квалитет	1	2	3	4	5
Непроменети својства на тлото					
Големина на честички	*	*	*	*	
Содржина на вода	*	*	*		
Густина, индекс на густина, пропустливост	*	*			
Стисливост, јакост на смолкнување	*				
Својства што можат да се одредат					
Распределеност на слоевите	*	*	*	*	*
Граници на слоевите – широки	*	*	*	*	
Граници на слоевите – прецизни	*	*			
Атербергови граници, густина на честички, содржина на	*	*	*	*	
огрански материи	*	*	*		
Содржина на вода	*	*			
Густина, индекс на густина, порозност, пропустливост	*				
Стисливост, јакост на смолкнување					
Категорија на земање примероци во согласност со EN ISO 22475-1	A				
		B			
				C	

Табела 1

Димензиите на примероците што ќе се земат ќе бидат во согласност со видот на тлото и видот и бројот на тестови што треба да се извршат. Примероци треба да се земаат на секоја промена на слој и на одредено растојание, обично не поголемо од 3 м. Во нехомогено тло, или ако е потребно детално дефинирање на состојбите на земјиштето, треба да се спроведе континуирано земање примероци со дупчење или примероците да се земаат во многу кратки интервали.

2.3. КОРЕЛАЦИЈА

МК-стандардот го пропишува начинот на теренската идентификација на даден примерок од тлото за полесна класификација на истиот. Овој начин на идентификација е многу едноставен и брз, но се применува само кога се во прашање помали проекти, а се бара брза класификација на тлото.

Кај крупнозрнестото тло идентификацијата се врши визуелно, од причина што кај ова тло зрната се доволно големи и можат со голо око да се распознаваат, а како прибор за идентификација на оваа тло е потребно секојдневен прирачен алат (чекан, метро, лупа и сл.) и хлороводородна киселина.

Кај ситнозрнестото тло за да може да се изврши теренска идентификација е потребно да се направат неколку тестови на самото место, (во зависност од тоа за каков вид на тло станува збор), и тоа:

- *тест со тресење,*
- *тест со пластичност,*
- *тест со оцена за конзистентна состојба,*
- *тест со сјајност,*
- *тест со сува цврстина,*
- *тест со киселина,*
- *тест со мирис и боја.*

Еврокодот 7 во себе не опфаќа тестови за теренска идентификација на тлото со кои тестови по потреба би можело на самото место да се идентификува тлото. Во еврокодот 7, идентификацијата на тлото се врши лабораториски, а примероците од терен се обезбедуваат со посебни дупчења. Овој стандард со своите прописи за идентификација на одредено тло бара и одреден број примероци, како и одредена класа на квалитет на примероци, а што ќе зависи од комплексноста на геотехничката конструкција и градба што ќе се проектира. Поради потребата од идентификација на одредено тло на самото место, во ситуација кога друг начин не е можен, се доаѓа до заклучок дека МК-стандардот е во предност во однос на еврокодот 7. Во предност е и од причина што тестовите кои ги нуди МК-стандардот се доста едноставни, евтини во својата постапка и доволно точни за одреден вид проекти (проекти кои не се од големо значење). Додека еврокодот 7 нуди само лабораториски тестови за идентификација, а за кои тестови постапката, односно прибирањето на

примероците е посложена, поскапа и времански подолга. Кога се во прашање капитални и витални објект е сосема оправдано, оправдано е и од причина што се добиваат поточни податоци, но кога се во прашање објекти од помало значење тогаш еврокодот 7 не нуди соодветен тест за тие цели. Еврокодот 7 во таков случај се повикува на споредбени искуства.

3. КОРЕЛАЦИЈА НА МК - СТАНДАРД МКС У_Б1_012 И ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892-12

3.1. МК-СТАНДАРД, МКС У_Б1_012

Одредување на влажноста на извадоци од тлото

3.1.1. Предмет на стандардот

Со овој стандард се утврдува начинот на одредување на влажноста на извадоци од тлото. Се применува за материјалите од тлото кои, сушени до постојана маса на 105 °C, не ги менуваат своите физички особини.

3.1.2. Дефиниција и намена на стандардот

Влажноста претставува однос помеѓу масата на водата во извадокот и масата на сувиот извадок определена според формула дадена во точка 3.1.4, изразена во проценти и се означува со w. Влажноста служи за оценка на конзистенцијата на тлото и состојбата на заситеност на тлото со вода, и како основа за одредување на другите особини на тлото.

3.1.3. Опрема и материјал

За одредување на влажноста служи следната опрема:

- Петриевите садови,
- техничка вага со точност од 0,01 g,
- сушилница со терморегулатор со осетливост 0,50 °C за температури од 100 до 110 °C,
- ексикатор со калциум-хлорид.

3.1.4. Начин на одредувањето

Извадокот на влажен материјал од тлото во количина од 50 до 100 g се става во измерен Петриев сад, со маса W, потоа се покрива садот и се мери извадокот заедно со покриениот сад, со маса W1. По оваа постапка, од садот се вади капакот и се става под садот, па сето тоа заедно се става во сушилницата и се суши на $105 \pm 0,5$ °C најмалку 24 часа, или до постојана маса. Садот со капакот се вади од сушилницата, се поклопува, се става во ексикаторот, се лади и се мери масата W2. Влажноста на извадокот се пресметува според формулата:

$$w = \frac{W1-W2}{W2-W} \times 100$$

каде што е:

w - влажност во %

W - маса на Петриевиот сад во g,

W1 - маса на садот со капакот и со влажниот извадок во g,

W2 - маса на садот со капакот и со сувиот извадок во g.

Влажноста на извадокот се определува врз основа на две испитувања, а како резултат се зема просечната вредност. Влажноста на тлото се изразува во % (проценти) од сувата маса и се изразува со бројка со едно децимално место.

Дозволената разлика помеѓу две испитувања на ист хомогенизиран извадок на тлото е 0,5 %. Доколку тоа не е така, опитот се повторува сè додека не се добијат два резултата во дозволените граници.

Влажноста на пескливиот материјал се определува, исто така, според дадената формула во точка 3.1.4 со таа разлика што масата на извадокот изнесува 500 g, садовите се со поголем капацитет, а точноста на вагата мора да биде 0,1 g.

3.2. ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892-12

Одредување на содржината на вода

3.2.1. Тестови за одредување на содржината на вода

Овој евростандардот бара минимален препорачан број примероци кои треба да се испитат за еден вид материјал од тлото. Сите примероци треба да бидат со класа на квалитет на тлото од 1 до 3.

Во вој стандард важи правилото дека треба да се посвети посебно внимание при избирањето на температурата за сушење во печка, бидејќи превисока температура може да има штетни влијанија врз измерените вредности.

Во табела 2 е дадена чеклиста за почвени тестови за класификација

Тест за класификација	Чеклиста
Содржина на вода	Проверете го начинот на чување на примероците Координирајте ја програмата за тестирање со другите тестови за класификација Стандардниот метод на сушење во печка не е соодветен за гипс, органска почва; потребно е внимание Пријавете присуство на гипс, органска почва За крупнозрнести почви, може да биде потребна корекција на содржината на вода Корекција е потребна за солена почва

Табела 2

Целта на тестот е да се одреди содржината на вода во материјалот од тлото. Содржината на вода се дефинира како однос меѓу масата на слободната вода и масата на сувото тло. Тест-примероците од тлото за мерење на содржината на вода треба да бидат со класа на квалитет 3. Ако примерокот содржи повеќе од еден вид тло, содржината на вода треба да се одреди врз тест-примероци што ги претставуваат разните типови на тло.

При проценка на резултатите, ако е потребно, треба да се земе предвид присуството на значителни количини гипс, високо органско тло, материјал во кој порната вода содржи растворени цврсти тела и тло со затворени пори

исполнети со вода. Степенот до кој е измерена содржината на вода во лабораторија од тлото „како што е примена“ е претставителен за „*in situ*“, вредноста треба да се провери. Дејствата од методот за земање примероци, транспортот и ракувањето, методот за подготовка на тест-примерок и лабораториската средина, треба да се земат предвид при оваа проценка. За тло во кое има присуство на гипс, високо органска почва, материјал во кој порната вода содржи растворени цврсти тела и тло со затворени пори исполнети со вода, температура за сушење од околу 50 °C е и повеќе од соодветна во споредба со вообичаено препорачаната (105 ± 0,5) °C, но добиените резултати треба да се разгледаат со внимание.

3.3. КОРЕЛАЦИЈА

МК-стандардот одредувањето на влажноста на извадоци од тлото го пропишува со помош на Петриеви садови и друга потребна опрема, а се применува за тло кое сушено до постојана маса на 105 °C не ги менува своите физички особини.

Битна карактеристика во овој стандард е: примерокот од тлото да се суши на температура од 105 ± 0,5 °C најмалку 24 часа. Влажноста на извадокот, според овој стандард, се пресметува со помош на формулата:

$$w = \frac{W1-W2}{W2-W} \times 100$$

МК-стандардот, за да ја определи влажноста на примерокот од тлото бара да се изведат два теста, а разликата од добиените резултати од двата теста не смее да биде поголема од 0,5 %. Добиените резултати за процентот на влажност, според прописите на овој стандард, понатаму се користат за одредување на конзистенција на одредено тло и заситеност со вода на одредено тло.

Еврокодот 7, за оваа цел користи стандард кој е именуван како „*одредување на содржината на вода*“. Овој стандард, како и секој друг, бара минимален број на тестови заради сигурност на добиените резултати, а кои за различен вид на тло со различен состав се и во различен број. Не се споменува со каков вид прибор и алат се изведува тестот. Во евростандардот важи

правилото дека класата на тлото кое е предмет на тестирање треба да биде со класа на квалитет 3 доколку примерокот кој се тестира е составен само од еден вид на тло. Доколку е составен од повеќе видови на тла тогаш се користи соодветен тест кој се користи за тестирање примероци кои претставуваат разни видови на тло. Овие прописи не се случај во МК-стандардот. Друго што е различно, а е и во предност од МК-стандардот (каде соодветна температура за сушење на примерокот се смета $105 \pm 0,5$ °C) е тоа што, според еврокодот 7, температурата на сушење за тло кое во својот состав содржи примеси на гипс, високо органски материјали, материјал во кој порната вода содржи растворени цврсти тела и тло со затворени пори исполнети со вода е 50 °C, и која температура според еврокодот 7 е многу посоодветна од $105 \pm 0,5$ °C и дека добиените резултати се поточни, но се нагласува дека се бара поголемо внимание при нивното разгледување.

4. КОРЕЛАЦИЈА НА МК - СТАНДАРД МКС У_Б1_014 И ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892-12

4.1. МК-СТАНДАРД, МКС У_Б1_014

Одредување волуменска тежина на тло без пори

4.1.1. Предмет на стандардот

Со овој стандард се утврдува начинот на одредување на волуменската тежина на материјал од тло без пори.

4.1.2. Дефиниција и место на примена на стандардот

Волуменската тежина на материјалот без пори е однос на неговата тежина спрема неговата волуменска зафатнина без пори и шуплини, при утврдена температура и влажност на средината во која се одредува.

Волуменската тежина на материјалот без пори служи како помошна вредност при одредување на порозноста и гранулометарскиот состав на тлото, како и за оценување на минералниот состав на тлото (присуство на органски материјали и тешки минерали). Кај материјали кои содржат висок процент на

лесно растворливи органски состојки, волуменската тежина на материјалот без пори добиен со овој стандард може да отстапува од вистинските вредности.

4.1.3. Апарат и прибор

Апарати кои се користат во овој стандард се:

- Пикнометар со зафатнина од 50 до 100 см, со гланцано грло и стаклен чеп. Пикнометарот мора да има ознаки на своето тело и на чепот.
- Вага со можност за одредување на тежина најмалку од 100 g и со точност од 0,001 g.
- Сушилница со можност за сушење на температура до 110 ± 5 °C
- Водена просторија со можност за одржување на постојана температура $20 \pm 0,2$ °C и воздушна комора за примероците.
- Вакуум-пумпа со можност за одржување вакуум од најмалку 2,66644 kPa.
- Грејна плоча или песочна просторија со крупнозрнест кварцен песок во слој од 3 см.
- Азбестна мрежа со отвори 15 см x 15 см.
- Боца со прскалка
- Лимен сад за сушење на материјалот.
- Лабораториско сито со отвори на окцата од 500 μm .
- Сад со чекан за дробење на материјалот.
- Порцелански сад ф12 см.
- Термометар со скала од 0 до 50 °C и поделен од 1 °C, со таков пречник да може да се стави во пикнометарот.
- Епрувета.
- Сигнален саат.
- Дестилирана вода
- Керозин
- Дехидриран силика гел со обоен индикатор.
- Вакуум-ексикатор со најмал пречник од 200 мм.
- Мала инка.
- Филтер-хартија.

4.1.4. Постапка и прикажување на резултати

Се зема (во зависноат од видот на материјалот) од 100 до 300 g примерок. Примерокот се суши на температура од 110 ± 5 °C, се става во метален сад и со чекан се ситни во прав. Иситнениот примерок се просејува низ сито со отвори 500 μm . Така подготвениот материјал се истура во порцеланскиот сад и се става во ексикатор со траење од најмалку 30 мин. за да се олади.

Пикнометарот мора да биде чист, сув и измерен на температура од + 20 °C со точност од 0,001 g. Тежината на празниот пикнометар (m1) мора да биде запишана. Потоа, пикнометарот се полни со дестилирана вода (може и со керозин) на температура од + 20 °C и се затвора со чепот, така што вишокот вода да излезе низ продолжениот отвор на чепот. Пикнометарот се брише со филтер-хартијата за да биде сув од надворешната страна и му се мери тежината со точност од 0,001 g. Тежината на полниот пикнометар со дестилирана вода (m4) мора да се запише.

Иситнениот и изладен материјал со помош на инка се става во сув пикометар во количина од 20 до 50 g, но не повеќе од 1/3 од волуменот на пикнометарот. Пикометарот со примерокот се термостатира во ваздушната комора од водената просторија околу еден час, на температура од 20 ± 0.2 °C . По термостатирањето се мери тежината на пикометарот (со чепот) и сувиот примерок (m2) со точност од 0,001 g.

Пикометарот со примерокот се залева со дестилирана вода до приближно половина од својот волумен и се држи во ексикатор под вакуум од 2,66644 kPa најмалку еден час. Во текот на операцијата со вакумирањето мора да се води сметка излегувањето на меурчињата со воздух од примерокот да не биде силно за да се спречи изфрлање на ситни честички на тло низ грлото на пикометарот. Брзината на излегувањето на меурчињата од примерокот се регулира со големината на вакуумот. По еден час држење на примерокот под вакуум, потпритисокот постепено се намалува во нормала.

Ако отстранувањето на ваздухот од примерокот се врши со загревање на плоча, тогаш помеѓу пикометарот со примерокот и дестилираната вода и грејното тело мора да се постави азбестна мрежа. Во пикометарот со примерокот се става дестилирана вода приближно до половина од неговата

зафатнина. Во текот на загревањето мора да се води сметка вриењето да не биде силно за да се спречи изфрлање на ситни честички на тло низ грлото на пикометарот. Примерокот се врие 15 мин. за песоливо тло, односно 60 мин. за глинесто тло. По вриењето се остава пикометарот со примерокот да се олади на собна температура.

Пикометарот се дополнува со дестилирана вода и внимателно се затвора чепот, и тоа така само една капка течност да излезе низ продолжениот отвор на чепот. Пикометарот со примерокот и дестилираната вода се термостатира во ваздушна комора околу еден час на температура од 20 ± 0.2 °C. По термостатирањето вишокот на течноста која ќе излезе низ продолжениот отвор на чепот се брише со филтер-хартија. Така подготвен, од надворешната страна сув пикометар заедно со примерокот и дестилираната вода се мери и му се одредува тежината (m_2) со точност од 0,001 g. Волуменската маса без пори се пресметува со формулата:

$$\rho = \frac{(m_2 - m_1)}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)} \cdot \rho_v$$

каде е:

ρ - волуменска маса без пори, во грамови по кубен сантиметар;

m_1 - тежина на празен пикометар, во грамови;

m_2 - тежина на пикометарот и сувиот материјал, во грамови;

m_3 - тежина на пикометарот со примерокот и дестилираната вода, во грамови;

m_4 - тежина на пикометарот со дестилираната вода, во грамови;

ρ_v - волуменска тежина на дестилираната вода, во грамови по кубен сантиметар.

Волуменската тежина без пори се одредува со најмалку два примерока. Како резултат се зема средната вредност од двата теста. Дозволена разлика помеѓу двата теста е 0,02 g/cm. Доколку не е така, тестовите се повторуваат сè додека не се добијат два теста во дозволените граници.

4.2. ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892-12

Одредување на волуменска густина

Бидејќи примерокот кој се користи во тестот за одредување на волуменска густина треба да биде добро исушен затоа и во овој стандард важи правилото дека треба да се посвети посебно внимание при избирањето на температурата за сушење во печка, бидејќи превисока температура може да има штетни влијанија врз измерените вредности.

Во табела 3 е дадена чеклиста за почвени тестови за класификација

Волуменска густина	Треба да се избере методот за тестирање Проверете ги употребените методи за земање и ракување со примероци За големи проекти со земјени работи, методот можеби треба да се прилагоди, или користете теренски метод За песоци и чакали, може да биде потребна корекција на измерената густина;
Густина на честички	Подготовката на примерокот (сушење во печка наспроти влажен тест- примерок) може да влијае врз резултатите Проверете дали материјалот има затворени пори; за таков материјал, може да бидат соодветни специјални техники Пријавете ако материјалот има затворени пори Ако резултатите се надвор од опсегот на типичните вредности, размислете за дополнителни детерминации; минералогичката и содржина на органски материји ќе влијае врз резултатот
Анализа на големината на честичките	Изборот на методот за тестирање зависи од големината на честичките и градацијата Карбонатите и органските материји влијаат врз резултатите од тестовите, за такви материјали, ако е соодветно, извадете ги карбонатите или органските материји, или прилагодете го методот на тестирање Проверете дали се користи точно делење на четвртинки, (големина на честички и репрезентативност на примерокот)

Табела 3

4.2.1. Тест за одредување на волуменска густина

Тестот се користи за одредување на волуменска (вкупна) густина на почвата, вклучувајќи ги и гасовите и течностите што ги содржи. Тест-примероците треба да бидат најмалку од класа на квалитет 2. Се одредува методот за тестирање што ќе се користи. При проценката на резултати од тестот треба да се разгледа евентуалната нарушеност на примерокот. Освен во случај со специјален начин на земање примероци, лабораториското одредување на густината на крупнозрнести почви, општо земено, е само приближна. Волуменска густина може да се употреби за воспоставување на проектните вредности на дејствата добиени од тлото и при обработување на резултатите од другите лабораториски тестови. Волуменска густина, исто така, може да се употреби за проценка на другите карактеристики на тло. На пример, заедно со содржината на вода, за пресметување на густината на суво тло.

4.3. КОРЕЛАЦИЈА

МК-стандард, овој стандард ја одредува волуменската тежина на тлото без пори. Се користи како помошна вредност при одредување на порозноста, за гранулометарскиот состав на тлото и при оценување на минералниот состав на тлото. Во овој стандард при тестирањето на примероците се користи Пикнометар и друг помошен прибор.

Според МК-стандард волуменската тежина без пори се одредува со најмалку два теста на два различни примерока, а како резултат се зема средната вредност од двата теста. Дозволена разлика помеѓу двата теста е 0,02 g/cm.

Еврокодот 7 во себе содржи само тестови за одредување на волуменска густина. За таа цел, исто како и кај МК-стандард, примерокот треба добро да биде исушен со таа разлика што овде не се потенцира за тоа колкава да биде температурата при сушење на примерокот.

Евростандардот волуменската густина на тлото ја одредува заедно со гасовите и течностите кои ги содржи тлото, а примероците кои се користат мора да бидат најмалку од класа на квалитет 2. Добиените резултати понатаму можат да се користат за пресметување на други особини на тлото.

Помеѓу овие два стандарда нема сличност од причина што се работи за пропишување на различни својства на тлото, односно во МК-стандард за одредување на волуменска тежина на тло без пори, а во евростандардот за волуменска густина заедно со гасовите и течностите во тлото. Друг посоодветен тест-примерок во еврокодот 7, споредбено МК-стандард за одредување на волуменска тежина на тлото без пори, не постои.

5. КОРЕЛАЦИЈА НА МК - СТАНДАРД МКС У_Б1_020 И ЕВРОКОД 7, EN ISO 14688 -1 и EN ISO 14688 -2

5.1. МК-СТАНДАРД, МКС У_Б1_020

Одредување на конзистенција на тлото

5.1.1. Предмет на стандардот

Со овој стандард се утврдува начинот за одредување на границите на конзистенција на тлото познати како Атербергови (Atterberg) граници. Атерберговите граници се: границите на течењето, границите на пластичноста и границите на собирањето.

5.1.2. Дефиниција и намена на стандардот

Граница на течење (WL) – содржина на вода во кохерентни тла, прикажани како процент на маса од наполно суво тло, каде ситнозрнестите материјали или колоидите во тлото преминуваат од пластична во течна конзистентна состојба.

Граница на пластичност (Wp) - содржина на вода во кохерентни тла, прикажани како процент на маса од наполно суво тло, каде ситнозрнестите материјали или колоидите во тлото преминуваат од пластична во полуцврста конзистентна состојба.

Граница на собирање (Ws) - содржина на вода во кохерентни тла, прикажани како процент на маса од наполно суво тло, каде ситнозрнестите материјали или колоидите во тлото преминуваат од полуцврста во тврда конзистентна состојба, односно во состојба во која при понатамошното губење

на вода поради сушење извадокот од тлото не го менува својот волумен.

Резултатите од одредувањето на Атерберговите граници се користат за класифицирање на ситнозрнестите и колоидните кохерентни тла, за оценка на конзистентна состојба и како помошен податок при оценка на другите физички и механички својства на тлото.

За одредување на Атерберговите граници потребното количество на материјал од тлото е дадено во *табела 4*.

Одредување на границата	Видови почви по групи		
	Глина и прав	Глинест или прашлив песок	Глинест или прашлив чакал
Одредување на границата на течењето	500g	1kg	2kg
Одредување на границата на пластичноста	50g	100g	200g
Одредување на границата на собирањето	500g	800g	1,5kg

Табела 4

5.1.3. Одредување на границата на течењето, WL (Liquid limit)

- Прибор за испитување

Основен прибор, варијанта 1:

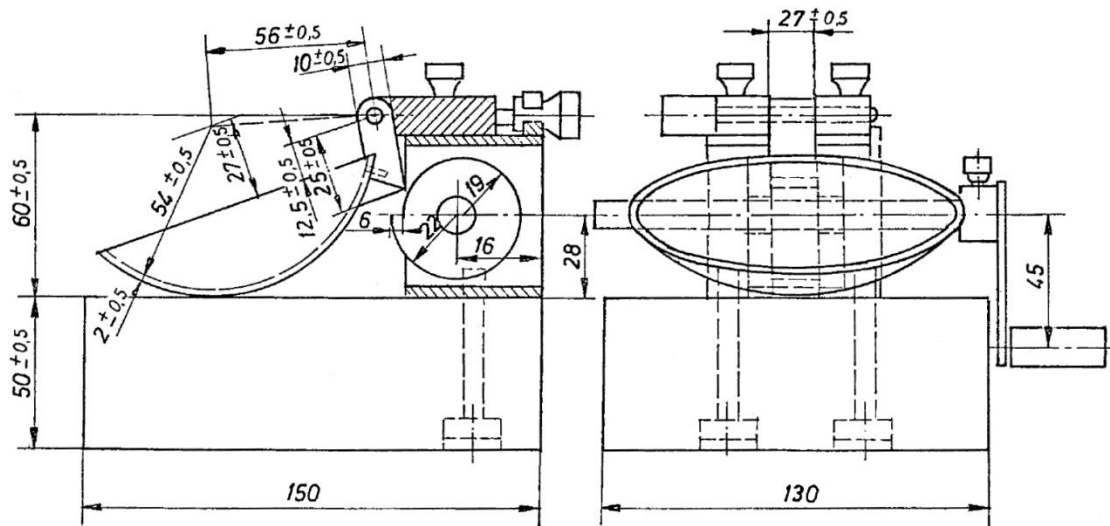
- Казаграндов апарат кој се состои од сад и подлога чиешто димензии се прикажани на *слика 1*. Садот мора да биде изработен од месинг и полиран од внатрешната страна, а подлогата на која садот паѓа мора да биде изработена од тврда гума или ебонит;
- нож за правење бразди чиешто димензии се прикажани на *слика 2*;
- мерач на висината на паѓањето на садот;

Основен прибор, варијанта 2:

- лабораториски статички пенетрометар, кој се состои од шилец во форма на конус со висина од 35 мм и врвен агол кој изнесува $30 \pm 1^\circ$; шилецот е изработен од челик кој не е подложен на 'рѓосување, а површината мора да биде мазна и полирана; масата на шилецот со водилото мора да изнесува $80,00 \pm 0,05$ g; шилецот е зацврстен со помош на направа за кочење на носачот на стаклото, така што неговата оска со основата на стаклото прави агол од 90° со помош на автоматска или механичка направа за кочење се овозможува шилецот слободно да паѓа; длабочината на продирањето на шилецот се мери со компаратор;
- метален сад со внатрешен дијаметар од 55 мм и длабочина од 40 мм, чишто рабови се паралелни со основата;
- метална плочка дебела $1,75 \pm 0,1$ мм, со отвор со дијаметар од $1,5 \pm 0,02$ мм, за проверка на исправноста на шилецот втиснат во отворот, шилецот мора да се почувствува кога ќе се повлече со дланка по плочката.

• **Помошен прибор:**

- рамна стаклена плоча со димензии 500 мм x 500 мм x 10 мм;
- 2 плоскати ножа, со дебелина на сечилото од 200 мм и со широчина од 30 мм;
- плиток сад со дијаметар од 150 мм;
- прибор за испитување на содржината на влажноста.
- шише за дестилирана вода со капацитет од 1L
- херметички затворен резервоар од материјал што не 'рѓосува;
- метален линијар;
- сито со отвори на мрежата од 0,5 мм.

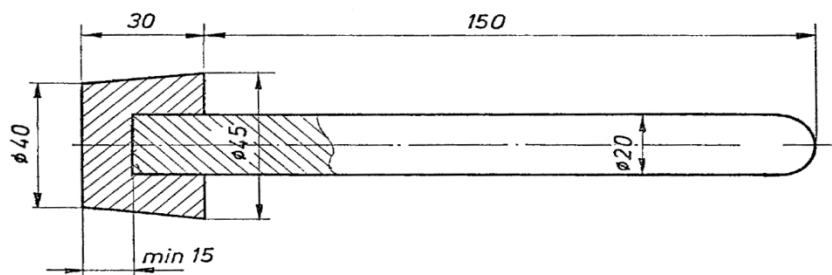


Слика 1

Слика 2

• Приготвување на примерокот

Одредувањето на границите на течење може да се изврши на исушени и ситно иситнети извадоци, како и извадоци во нивната природна состојба. Органските тла треба да се испитуваат исклучиво во природна состојба. Во случај сушењето да се спроведува во сушилница, температурата на сушењето не смее да премине $+ 60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ако испитувањето се врши во слободен простор или во сушилница на исушени извадоци, тогаш тие мораат да се иситнат во аван на подлога од тврда гума со гумен чекан, *слика 3*, или со некој друг прибор со кој основните структурни честички нема да се разорат.



Слика 3

Од извадокот на почвата се одвојуваат зрна што не поминуваат низ сито 0,5 мм. Процентот на масата од материјалот кој не поминува низ сито се

внесува во записник. Кон извадокот од 200 g се додаваат 15 до 20 ml дестилирана вода, и по мешањето од 15 до 20 минути (за материјал со поголема пластичност подолго време), се става во херметички затворен резервоар. Глинестиот материјал останува во резервоарот најмалку 24 h со што се обезбедува изедначување на содржината на вода во тлото во целиот примерок. По 24 h, примерокот мора да се меша 10 до 40 мин. Потоа кон примерокот постепено се додава 1 до 3 ml дестилирана вода и се меша додека не се постигне саканата конзистентна состојба на почвата за испитување. Ако се работи со Касаграндеовиот апарат, со првото испитување се постигнува конзистентна состојба што одговара на бројот од 15 удари. При употребата на лабораторискиот статички пенетрометар, првото испитување започнува со примерок од почвата чијашто конзистентна состојба одговара на длабочината на продирањето на шилецот од 15 mm.

- **Испитување со Казаграндеов апарат.**

Принцип на одредување. На примерок од кохерентната почва се одредува содржината на вода при која жлебот направен со специјален нож во материјалот приготвен во садот на Казаграндеовиот апарат ќе се затвори во должина од 12 до 13 mm по 25 паѓања на садот од висина од 10 mm на еластична подлога, *слика 4*.



a)

Извадок од почва пред паѓањето



б)

Извадок од почва по паѓањето

Слика 4

- Начин на одредување: Приборот пред испитување мора да биде наполно чист и сув, а садот мора слободно да паѓа и не смее да има можност за хоризонтално поместување. Приготвената маса (примерокот) со помош на плоснат нож се внесува во садот на апаратот, така што во средината на садот

извадокот да биде со дебелина од 1,0 см. Потоа, со профилиран нож се врежува жлеб вертикално на дното од садот и вертикално на оската околу која се врти садот. Широчината на жлебот во дното изнесува 2,0 мм. Кога врвот на ножот поради абење по долготрајна употреба ќе се прошири, ножот се исфрла од употреба. Вртејќи ја рачката со брзина од 2 вртежи во секунда се регистрира бројот на паѓањата на садот во моментот кога жлебот се затворил во должина од 12 до 13 мм. Од зоната каде што жлебот се затворил се земаат 20 до 30 g маса од испитуваниот материјал и се одредува содржината на водата.

Доколку со ножот не е можно да се вреже жлеб, во записникот се утврдува дека испитуваното тло не е пластично. Ако примерокот, наместо да тече при испитувањето, се лизга по дното на садот, испитувањето се повторува. Ако и при повтореното испитување доаѓа до истата појава, во записникот се внесува забелешка дека не е можно да се испита границата на течење.

- Прикажување на резултатите (Метод со три точки): Претходната постапка се повторува 3 до 5 пати. Резултатите се внесуваат во дијаграм во чијшто координатен систем на апсцисата се нанесува бројот на ударите на садот во логоритамска поделба, а на ординатата содржината на водата во проценти во линеарен размер. Со спојување на точките се добива права линија. Пресекот на правата линија со ординатата која одговара на број од 25 удари ја дава содржината на водата во проценти која одговара на границата на течење (WL). Бројот на ударите на садот мора да бидат помеѓу 15 и 35. потребно е најмалку 3 точки да лежат на иста права, со тоа што отстапувањето од правецот може да биде 1% од содржината на водата.

- Приближен метод со една точка: Извадокот од тлото се приготвува така што да ја прими конзистентната состојба која одговара на бројот на ударите на садот во распон од 20 до 30. Се изведуваат две испитувања со примерокот од тлото со иста содржина на вода. Доколку од двете испитувања не се добие ист број на удари, приготвувањето на извадокот се повторува. Границата на течење се одредува така што содржината на водата во проценти за добиениот број на удари ќе се помножи со соодветниот корекциски фактор кој е даден во *табела 5*.

$$WL = wx kf$$

Број на удари	Фактор (kf)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,028
30	1,022

Табела 5

Овој метод е помалку точен, но доста брз и може да се користи во случај кога не се потребни точни податоци. Не се препорачува да се користи овој метод за тло со висока граница на течење, а тло со $WL = 120 \%$ не може да се испита со овој метод.

- **Испитување со лабораториски статички пенетрометар**

На примерокот од тлото се одредува содржината на водата при која конусот на пенетрометарот со точно определени димензии и маса во времетраење од 5 ± 1 секунда ќе навлезе во примерокот од тлото до длабочина од 20 мм.

Приготвениот примерок од тлото се става во метален сад и се израмнува површината со метален линијар. При вградувањето во примерокот не смеат да останат меурчиња во воздухот. Конусот на пенетрометарот, кој однапред мора да се исчисти и исуши, се спушта до површината на почвата и се закочува така што врвот од конусот да навлезе во почвата до длабочина од 0,1 мм. Со бавно поместување на садот врвот од конусот ќе остава одвај забележлива трага на површината од почвата. Конусот тогаш внимателно се ослободува и се пушта

да навлегува во почвата за време од 5 ± 1 секунда и тогаш се закочува. Длабочината на навлегувањето на конусот е разлика помеѓу почетната положба и положбата по 5 ± 1 секунда навлегување. Разликата се отчитува со точност од 0,1мм со помош на компаратор. Во дното на конусната длабнатина настаната во примерокот од почвата при навлегувањето на шилецот се земаат околу 20 g тло и во него се одредува содржината на водата во проценти.

На приготвениот примерок со иста содржина на вода се вршат две испитувања и ако е разликата:

- а/ помала од 0,5 мм испитувањето задоволува;
- б/ помеѓу 0,5 до 1,0 мм е потребно да се изврши и трето испитување;
- с/ поголема од 1,0 мм мора да се приготви нов примерок да се повтори испитувањето.

Испитувањето се врши на 4 примероци со различна содржина на вода. Конзистентната состојба на испитуваните примероци мора да одговара на длабочината на навлегувањето на конусот од 15 до 25 мм.

Резултатите од испитувањата се внесуваат во дијаграм, во кој координатниот систем во линеарни мерки на апсцисата се нанесуваат вредностите на длабочината на навлегувањето на конусот од пенетрометарот, а на ординатата – содржината на водата за соодветна длабочина на навлегувањето. Низ добиените 4 точки се повлекува права линија чијшто пресек со ординатата која одговара на длабочината на навлегувањето на конусот од пенетрометарот од 20 мм ја одредува содржината на вода во проценти, што е наедно и граница на течењето (WL). Испитувањето задоволува ако најмалку три точки лежат на иста права линија со отстапување од $\pm 1\%$ од содржината на водата во однос на таа права.

5.1.4. Одредување на границата на пластичност, W_p (Plastic limit)

Принцип на одредување: На извадок од кохерентно тло се одредува содржината на водата при која цилиндарот со дијаметар од 3 мм, добиен со валање, почнува да добива пукнатинки.

Прибор за испитување: За одредување на границата на пластичност на тлото е потребен следниов прибор:

- рамна стаклена плоча, со димензии 500 мм x 500 мм x 10 мм,
- 2 плоскати ножа со должина од 200 мм и широчина од 30 мм,
- плиток сад со дијаметар од 150 мм,
- опрема за одредување на содржината на водата во тлото,
- метална жица со дијаметар од 3 мм и должина од 10 см,
- шише со дестилирана вода (околу 1l).

Начин на одредување: Примерокот од околу 50 g се приготвува. Од приготвената маса со гмечење се формира топка, која со валање на стаклена плоча се обликува во цилиндар со дијаметар од околу 6 мм. Притискајќи го цилиндарот со иста сила со дланката од раката, тој се врти напред-назад 5 до 10 пати (за глини со висока пластичност 10 до 15 пати), додека не се постигне дијаметар од 3 мм. Кога на цилиндарот ќе се појават пукнатинки, се одредува содржината на водата. Ако не се појават пукнатинки, примерокот повторно се гмечи во топка и се повторува постапката сè до моментот на појава на пукнатинки. Испитаната содржина на водата е граница на пластичност (W_p). Дебелината на цилиндарот се проверува со споредување со метална жица со дијаметар од 3 мм.

Прикажување на резултатите: Границата на пластичност се испитува на најмалку 2 примерока, а како резултат се зема просекот. Дозволена разлика помеѓу поединечните резултати не смее да преминува вредност од 1 %. Во спротивно, се повторува постапката за приготвување на примерокот и испитувањето.

5.1.5. Индекси на пластичноста, конзистенцијата и течењето

Индексот на пластичноста е разлика помеѓу влажноста на границата на течењето (W_L) и на границата на пластичноста (W_p):

$$I_p = W_L - W_p$$

Индексот на конзистенцијата е однос помеѓу разликата на влажноста при границата на течењето (W_L) и природната влажност (W_o) и индексот на пластичноста:

$$I_c = \frac{W_L - W_o}{I_p}$$

на природната влажност (W_o) и влажноста на извадокот на границата на

пластичноста (W_p) и разликата на влажноста на почвата при границата на течењето (W_L) и при границата на пластичноста:

$$I_L = \frac{W_o - W_p}{W_L - W_p}$$

5.1.6. Класификација на кохерентната почва според Атерберговите граници на пластичноста

Вредностите на влажноста што одговараат на границата на течењето (W_L) се нанесуваат на апсцисата, а вредностите на индексот на пластичноста (I_p) се нанесуваат на ординатата во дијаграмот на пластичноста. Точката на пресекот со своето место ќе ја дефинира положбата на испитуваното тло во класификацискиот систем.

5.2. ЕВРОКОД 7, EN ISO 14688 -1 и EN ISO 14688 -2

Одредување на границите на конзистентност

За овој стандард важи правилото дека треба да се посвети посебно внимание при избирањето на температурата за сушење во печка, превисока температура може да има штетни влијанија врз измерените вредности.

Во табела 6 е дадена чеклиста за почвени тестови за класификација

Граници на конзистентност (Атербергови граници)	Избирање метод за тестирање за граници на течење; неколку методи се прифатливи, но се препорачува методот со паѓачки конус Проверете го начинот на складирање на примероците Проверете ја подготовката на тест-примерокот, особено хомогенизацијата и мешањето Проверете дали се користело сушење Сушењето може драматично да влијае врз резултатите, и треба да се избегнува во печка Почва што оксидира треба да се тестира брзо Резултати не се доверливи за тиксотропни тла
Индекс на густина за грануларна почва	Проверете го методот на чување на примероците Изберете вид на тест што ќе се користи Резултатите се многу зависни од употребената постапка Подготвените тест-примероци имаат висок степен на невоједначеност

Дисперзибилност на почва	<p>Потребно е да се одредат разни услови за набивање на тест- примероците</p> <p>Избегнувајте сушење на тест-примерок пред тестирањето</p> <p>Потребно е да се одберат постапките на тестирање што ќе се користат</p> <p>Дополнително, потребно е да се извршат тестови за класификација</p>
--------------------------	--

Табела 6

5.2.1. Тестови за одредување на границите на конзистентност

Границите на конзистентност (Атерберговите граници) ги содржат границата на течење, границата на пластичност и границата на смалување. Опфатени се само границата на течење и границата на пластичност.

Границите на конзистентност се користат за опишување на однесувањето на глините и на иловити тла кога се менува содржината на вода. Класификацијата на глините и иловитите тла главно е врз основа на границите на конзистентност.

Ќе се одреди начинот на тестирање што ќе се користи за одредување на границата на течење (паѓачки конус или апаратот на Касагранде) .

Општо земено за границите на течење, треба да се претпочита методот на паѓачки конус од методот на Касагранде. Методот со паѓачки конус дава посигурни резултати особено за тло со ниска пластичност. Тест-примероците треба да бидат најмалку со класа на квалитет 4, ако резултатите од испитувањата треба да го опишат тлото *in situ*.

Разните геотехнички својства, на пример стисливоста или оптималната содржина на вода, може да се добијат со корелации меѓу границите на течност и пластичност. Вредноста на индексот на пластичност I_p може да се пресмета од границите на течност и пластичност. I_p може да се употреби за класификација на тло и во корелациите меѓу некои геотехнички својства на почвата, на пример со јакоста на почвата.

Вредноста на индексот на конзистентност I_c (или индексот на течење I_L) може да се пресмета од границите на течност и пластичност и од моментната содржина на вода во тлото. Може да се употреби за да ја претстави конзистентноста и во корелациите меѓу некои геотехнички својства.

Индексот на активност I_A може да се пресмета од I_p и од процентот на глинените честички. (I_A) може да се употреби за класификација на тлото и во корелациите меѓу разните геотехнички својства на тлото, на пример со јакоста на тлото.

5.2.2. Одредување на индексот на густина на грануларно тло

Индексот на густина го поврзува коефициентот на порозност на почвен примерок со референтните вредности одредени со стандардни лабораториски постапки. Тој дава индикација за состојбата на набиеност на слободно дренирано грануларно тло. Ќе се одреди или провери следното:

- количината и квалитетот на примероците;
- видот на тест постапка што ќе се примени;
- начин на подготвување на секој тест-примерок;

Испитуваното тло треба да содржи помалку од 10 % ситни зрна (честички што поминуваат низ сито од 0,063 mm) и помалку од 10 % чакал (честички што се зарджуваат на сито од 2 mm). Резултати од тестовите за индексот на густина ќе се прикажат заедно со достапните резултати од анализите за големината на честичките, природната содржина на вода, густината на честички и процентот на преголемите фракции (најновите што се достапни).

Кога се проценува индексот на густина, треба да се земе предвид дека максималните и минималните густини добиени во лабораторија не ги претставуваат секогаш граничните густини. Општо е прифатено дека овие тестови ја даваат густината со висок степен на варијабилност. Индекс на густина може да се употреби за опишување на јакоста на смолкнување и стисливоста на крупнозрнестите тла.

5.2.3. Одредување на дисперзибилноста на тлото

Целта на тестот е да се одредат дисперзивните карактеристики на глинените тла. Стандардните тестови за класификација на тлото за инженерски цели не ги идентификуваат дисперзивните карактеристики на тлото. Тестовите за дисперзибилност се извршуваат врз глинести тла, првенствено во врска со насипи, минерално залевање и други геотехнички

конструкции во допир со вода. Се разгледуваат четири теста:

тест со игла, со кој се опишува дејството на водата што тече долж пукнатина;

- *двоен тест со хидрометар, што ја споредува дисперзијата на глинениите честички во обична вода без механичко мешање со таа што се добива при употреба на дисперзен раствор и механичко мешање;*
- *тест со грутка, што го прикажува однесувањето на грутките во почвата ставени во раствор на натриум хидроксид;*
- *одредување на растворливите соли во порната вода, што овозможува корелација меѓу процентот на натриум и вкупните растворени соли во екстрактот од ситуацијата.*

Од спроведените четири теста ќе се одреди следното:

- *чувањето на примероците така да не се дозволи сушење на примероците пред тестирањето;*
- *постапки на тестирање што ќе се применат;*
- *начин на подготовка на тест-примерокот.*

Резултатите од тестовите за дисперзибилност ќе се поврзат со гранулометрискиот состав и границите на конзистентност на примерокот. За тестот со игла, треба да се одредат условите за набивање на тест-примероците од тлото, на пример мокриот или исушениот оптимум и водата што се додава (на пр. дестилирана наспроти вода од резервоарот). За двојниот тест со хидрометар може да се одреди трет тест со хидрометар ако се покаже дека е неопходно за да се проучи дејството на водата од резервоарот врз тлото во суспензијата. За тестот со грутка, покрај растворот со натриум хидроксид, може да се побара употреба на дестилирана вода.

5.2.4. Подложност на мрзнење

Подложноста на мрзнење на почвените материјали игра основна улога при проектирање на темелите што се поставуваат над фронтот на мрзнење во тлото подложно на мрзнење.

Патиштата, аеродромите, железничките пруги, зградите на плитки

темели, закопаните цевководи, браните и другите конструкции можа да бидат подложни на издигање од мрзнење поради мрзнрњето на тлото подложно на мрзнење со пристап до вода. Тлото подложно на мрзнење може да се користи во својата природна состојба или како конструкциска основа за конструкциите.

Ризик од издигање поради мраз може да се процени со корелација меѓу својствата според класификацијата на тлото (гранулометриски состав, висина на капиларниот притисок и/или составот на ситни честички) или според лабораториски тестови врз природна, пренабиени и реконсолидирани, или реконституирани примероци.

Ако проценувањето на подложноста на мрзнење базирано врз својствата на тлото според неговата класификација не го прикажува јасно отсуството на ризик од издигање поради мраз, треба да се направат тестови за издигање од мраз во лабораторија. Примери за видот на тла што укажуваат на потребата за лабораториски тестови покрај корелациите според својствата на класификација вклучуваат органско тло, тресет, солено тло, вештачко тло и крупнозрнести тла со широк опсег на големини на зрната.

За одредување на подложноста на мрзнење на тлото во неговата природна состојба, треба да се тестираат природни примероци. За да се процени подложноста на мрзнење на конструиран насип, тестовите за издигање од мраз треба да се извршат врз пренабиени и потоа реконсолидирани тест-примероци или врз реконституирани тест-примероци.

Тестот за подложност на мрзнење во лабораторија е тестот за издигање од мраз. Ако треба да се испита ризикот од ослабнување поради топење, треба да се изврши калифорнискиот тест за носивост по топењето на тест-примерокот. Пренабиен или реконституиран тест-примерок треба да подложи на еден или повеќе циклуси мрзнење - топење пред да се тестира.

Резултатите треба да се толкуваат во функција на видот на градежните работи, правилата што се употребени во проектот и достапното споредбено искуство, во врска со последиците од дејствата на мрзнење.

5.3. КОРЕЛАЦИЈА

МК-стандардот ги пропишува границите на конзистенција на тлото познати како Атербергови граници, односно границите на течење (WL), пластичност (Wp) и граница на собирање (Ws).

Резултатите добиени од овие тестови според овој стандард се користат за класифицирање на ситнозрнестите и колоидните кохерентни тла, за оценка на конзистентна состојба и како помошен податок при оценка на другите физички и механички својства на тлото.

Одредувањето на границата на течење, во однос на приборот за испитување, постојат две варијанти во кои како главни апарати се користат, и тоа: во првата варијанта Казаграндов апарат, а во втората варијанта лабораториски статички пенетрометар.

Кога се тестира со помош на Казаграндов апарат, прикажувањето на резултатите можат да се прикажат по пат на два метода, и тоа: *метод со три точки* и *метод со една точка*, каде што методот со една точка е помалку точен. Кога се тестира со помош на лабораториски статички пенетрометар тогаш се вршат два теста на еден ист приготвен примерок и ако разликата е помала од 0,5 мм испитувањето задоволува, во спротивно е потребно и трето испитување. Кога е поголема од 1,0 мм мора да се приготви нов примерок и да се повтори испитувањето.

Одредувањето на границата на пластичност според овој стандард е доста едноставно и брзо, и каде што не се бараат посебни апарати. Овој тест се прави на два примерока, а како резултат се зема просекот. Дозволена разлика помеѓу поединечните резултати не смее да преминува вредност од 1 %. Во спротивно, се повторува постапката за приготвување на примерокот и испитувањето.

Индексите на пластичноста (I_p) според овој стандард се добиваат од разликата помеѓу (WL) и (Wp), индексот на конзистенцијата (I_c) е односот помеѓу разликата на влажност при (WL) и (Wo) и индексот на течењето (IL) е односот помеѓу разликата на влажност при (Wo) и (Wp) и (WL).

Евростандардот бара посебно внимание при избирањето на

температурата на која се суши примерокот поради точноста на крајните измерени вредности, правило кое не постои во МК-стандардот. И во овој стандард границите на конзистентност (Атерберговите граници) ги содржи границата на течење, границата на пластичност и границата на смалување (собирање). Но опфатени се само границата на течење и границата на пластичност.

Во овој стандард, кога е во прашање границата на течење, се применува методот со Казаграндов апарат. Друга разлика во споредба со МК-стандардот е тоа што овде се бара и класа на квалитет на тлото која не смее да биде пониска од 4.

За разлика од МК-стандардот, во евростандардот е кажано дека можат да се добијат вредностите на стисливоста и оптималната содржина на вода во тлото со помош на корелација меѓу границите на течност и пластичност. Индексот на пластичност (I_p) се добива исто и како во МК-стандардот, односно од границите на течност и пластичност. Вредноста на индексот на конзистентност (I_c), исто така, може да се пресмета од границите на течност и пластичност, што е случај и кај МК-стандардот. Различно или нешто повеќе од МК-стандардот, а што го пропишува евростандардот е индексот на активност (I_A) кој се пресметува од Индексот на пластичност (I_p) и од процентот на глинените честички. (I_A) се употребува за класификација на тлото и во корелациите меѓу разните геотехнички својства на тлото.

Покрај пресметките на индексот за пластичност, конзистентност, течење и активност, евростандардот ги пропишува и индексот на густина на гранулирани тла, дисперзибилноста на тлото како и подложноста на мрзнење кој е битен фактор во геотехничките пресметки и предвидувања.

Од сеопфатноста на двата стандарда, се доаѓа до заклучок дека евростандардот пропишува повеќе можности за пресметки како и тоа дека дава попрецизни податоци поради одредени услови кои се бараат во самото тестирање како на пр. квалитет на класа на тло, потребна температура за сушење на примерокот и сл.

6. КОРЕЛАЦИЈА НА МК - СТАНДАРД МКС У_Б1_028 И ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892-6 и CEN ISO/TS 17892-7

6.1. МК-СТАНДАРД, МКС У_Б1_028

Испитување на директно смолкнување на тло

6.1.1. Предмет, намена и принцип на испитувањето

Со овој стандард се пропишува начинот на испитување на директно смолкнување на тло, а кое испитување понатаму служи за одредување цврстина на смолкнување на тлото.

Цврстината на смолкнување на тлото служи како критериум за одредување на стабилноста и носивоста на објекти од тлото, како и стабилноста на природните падини од тлото.

Примероци од тлото се оптоваруваат со притисок, а потоа се дејствува со хоризонтална сила која предизвикува директно смолкнување по средината на примерокот, по што се мари отпорот на примерокот според тоа смолкнување.

6.1.2. Апарати, опрема и прибор

- **Апарати**

Обично се применуваат следните апарати за директно смолкнување:

- апарат во кој примерокот се подложува на дејство на сили со одредени големини, а се регистрираат деформациите на примерокот во правец на смолкнување;
- апарат во кој се предизвикува деформација на примерокот до одредена големина, а се регистрираат силите кои ја предизвикале таа деформација.

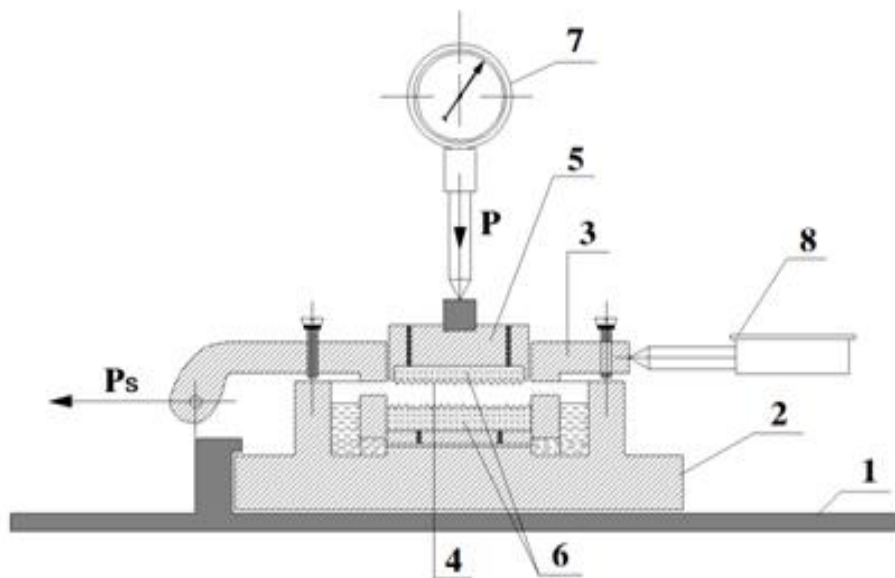
- **Апарати со сили со одредени големини**

Овој апарат е прикажан на сл. 5 и се состои од:

- неподвижен метален дел (1)
- најмалку три метални кутии со квадратен или кружен пресек чии страни, односно пречник, имаат големина 50 или 100 мм, а кои се состојат од доленоквир (2) прицврстен со шrafoви за неподвижниот метален дел,

и горна подвижна рамка (3) преку која дејствува смолкнувачката сила p_s во висина на средина на примерокот(4).

- најмалку три метални поклопки (5) врз кои дејствува притисок p ,
- по две камени плочи (6) за секоја кутија помеѓу кои се става примерок,
- уред за предизвикување сила за притисок p и смолкнувачка сила p_s со големина која одговара.
- Компаратор за мерење вертикални деформации (7) и компаратор за мерење хоризонтални деформации (8).



Слика 5

- **Апарати за деформации со одредени големини**

Овој апарат е сличен на апаратот на сл. 5, со таа разлика што смолкнувачката деформација константно се зголемува со помош на електромотор, а смолкнувачката сила се регистрира со помош на динамометар.

6.1.3. Опрема и прибор

Се применува следната опрема:

- опрема за одредување на влажност според МКС У.Б1.012
- опрема за одредување волуменска тежина според МКС У.Б1.016

Се применува следниот прибор:

- шаблон за обработка непореметен примерок или сад за подготовка на пореметен примерок;
- лажица са истурање на примерокот;
- нож за порамнување;
- лак со затегната жица за сечење на примерокот;
- сад за сушење на материјалот од тлото, зафатнина околу 1l;
- боца-прскалка за влажнење на материјалот од тлото;
- вага со одговарачки капацитет, со точност од 1g.

6.1.4. Подготовка и вградување на примерокот

Примероци од некохерентно и кохерентно тло се подготвуваат и се вградуваат на различен начин.

- **Подготовка и вградување на некохерентно тло**

Во најмалку три кутии за смолкнување, чиј горен и долен дел се прицврстени (сл. 5, т. 2 и 3) со штрафови еден за друг, се става долната камена плоча (т. 6) потоа од садот кој претходно е измерен заедно со материјалот од тлото, се истура материјал кој е исушен на воздух. Материјал се истура до потребната висина која, во зависност од видот на материјалот на тлото, изнесува до 30 мм. Горната површина на внесениот материјал внимателно се порамнува со ножот. Долната камена плоча е од непорозен материјал, ако испитувањето се врши без дренирање на примерокот. Ако се испитува со дренирање на примерокот, тогаш плочата мора да биде од порозен материјал. За испитување на примерок во збиена состојба материјалот на тлото се набива во кутија со приближно толкава збиеност каква што е потребна да биде при испитување на примерокот на смолкнување.

По вградувањето на примерокот, во секоја кутија се мери садот со материјалот кој е останат. Добиената разлика на масата од пред истурањето во секоја кутија и по истурањето во таа иста кутија претставува маса на примерокот кој е вграден во кутијата.

Се мери дебелината на примерокот во кутијата, па се става капакот (т. 5) со вградена горна камена плоча. Потоа се прицврстуваат компараторите (т. 7 и 8) за регистрирање на вертикална и хоризонтална деформација и се

отчитуваат вредностите на компараторите. Потоа преку металните капаци (т. 5) примероците се оптоваруваат со одреден притисок кој за различни видови материјал на тло е различен и изнесува: за првата кутија 0,5; за втората 1,0; за третата 2,0 и за четвртата 3,0 kр/sm², или за првата кутија 1,0; за втората 2,0; за третата 3,0 и за четвртата 4,0 kр/sm.

Тие оптоварувања се оставаат да дејствуваат до вертикална консолидација на примерокот, која се постигнува кога слегнувањето за 24 часа изнесува $\leq 0,02$ mm. Потоа се вадат штрафовите кои го фиксираат горниот дел на кутијата за долниот, па така се одвојува горниот од долниот дел на кутијата. Допирните површини на горниот и долниот дел на кутијата претходно се премачкуваат со вазалин за да се избегне триењето. Таквиот примерок е веќе подготвен за испитување.

- **Подготовка и вградување на кохерентно тло.**

Примерок од непореметен материјал на тло, кој веднаш по вадењето од пакетот каде е чуван, се сечат најмалку 3 парчиња тло, малку поголеми од просторот во кутиите за смолкнување. Потоа, со помош на специјален уред или со малку повеќе внимание, рачно се исекува вишокот од тие примероци и се добиваат примероци кои точно одговараат на големината на просторот во кутиите и се ставаат во нив. Од преостанатиот материјал треба да се земат два примерока за одредување на влажност на тлото.

Примерок од пореметен па потоа збиен материјал, добиен од терен, или збиен и обработен во лабораторија според одредена постапка, се сече и се става во кутии исто како во претходниот случај.

Примерок од пореметен материјал, вграден во кутија приближно на границата на течење, од каде потребната количина на материјал треба да се иситне и со долго мешање со вода да се доведе приближно до состојба на конзистенција близу до граница на течење која се контролира во Касаграндов апарат. Материјалот потоа се внесува во кутија за смолкнување до потребната висина. Од останатиот материјал треба да се земат два примерока за одредување на влажност.

По извршеното вградување на примероците според спомнатите начини, понатамошната постапка е иста како и кај постапката за некохерентно тло.

Потоа примерокот е подготвен за испитување. За камените плочи во кутиите важат правилата исто како и кај некохерентното тло. При вградувањето на примерокот кој е на границата на течење треба да се води сметка во постапката за консолидација на примерокот каде се предвидените притисоци кои постепено се зголемуваат, да не дојде до истекување на материјалот од кутијата.

6.1.5. Испитување на смолкнување

- **Испитување на смолкнување на некохерентно тло**

Пред почетокот на смолкнување на подготвениот материјал треба да се провери дали деловите на кутиите се одвоени. Потоа на горниот дел на кутијата се дејствува со сила p_s која постепено се зголемува. При таа постапка се отчитуваат силите p_s како и големината на хоризонталната и вертикална деформација на примерокот во текот на траење на испитувањето.

При испитувањето со апаратот со контрола на силите со одредени големини, хоризонталните деформации се читаат пред секое зголемување на силата p_s , сè до целосен лом на примерокот, односно до моментот кога компараторот (т. 8) не покаже нагло зголемување на деформацијата. Силата p_s , која изнесува од $1/20$ до $1/40$ од силата која предизвикува притисок и која се зголемува во еднаков времески интервал (секоја минута), а во зависност од видот на материјалот и неговата конзистенција. По извршеното смолкнување се зема од горната и долната страна на примерокот по еден примерок за одредување влажност.

При испитување со апарат во кој се предизвикува деформација со одредена големина, смолкнувачката сила во првите две минути треба да се отчитува на секои 15 секунди, а потоа се чита по секоја зголемена хоризонтална деформација за по 1 mm. Смолкнувањето треба да се продолжи сè додека хоризонталната деформација не достигне околу 15 % од должината на примерокот, доколку не настане порано. Смолкнувањето се врши со брзина од околу 0,5 до 1,0 mm во минута. По извршеното смолкнување се зема од горната и долната страна на примерокот по еден примерок за одредување на влажноста.

- **Испитување на смолкнување на кохерентно тло**

Во зависност од начинот на вградување на примерокот, смолкнувањето може да се испитува на природно непореметени примероци, пореметени па збиени примероци, или примероци кои се вградени во состојба на границата на течење. Испитувањето примероци од непореметен материјал и од пореметен па збиен материјал може да се врши со дренирање или без дренирање на примерокот. Испитувањето на примерокот кој е на границата на течење се врши само со дренирање. Ако примерокот се испитува со дренирање, тогаш истиот треба да лежи во вода.

Ако начинот на испитување се врши со апарат со дејство на сили со одредени големини или со апарат во кој се предизвикува деформација со одредена големина, тогаш постапката е иста како и кај некохерентното тло, со таа разлика што брзината на смолкнување мора да изнесува околу 5 микрони во минута, поради што испитувањето трае околу два дена. Читањето не треба да се прави толку често како кај некохерентниот примерок, туку многу поретко.

6.1.6. Прикажување на резултатите

Резултатите од испитување се прикажуваат на дијаграмот за деформации и дијаграмот за смолкнување.

Дијаграмот за деформации ја прикажува зависноста помеѓу деформацијата и смолкнувачкиот напон. Дијаграмот за деформација се добива кога на апсцисата се нанесува големината на хоризонталната деформација ΔL , во mm, која се чита на компараторот, а на ординатата се нанесуваат смолкнувачките напони кои одговараат во kp/cm^2 , кои се добиваат со пресметка на смолкнувачката сила ps според формулата:

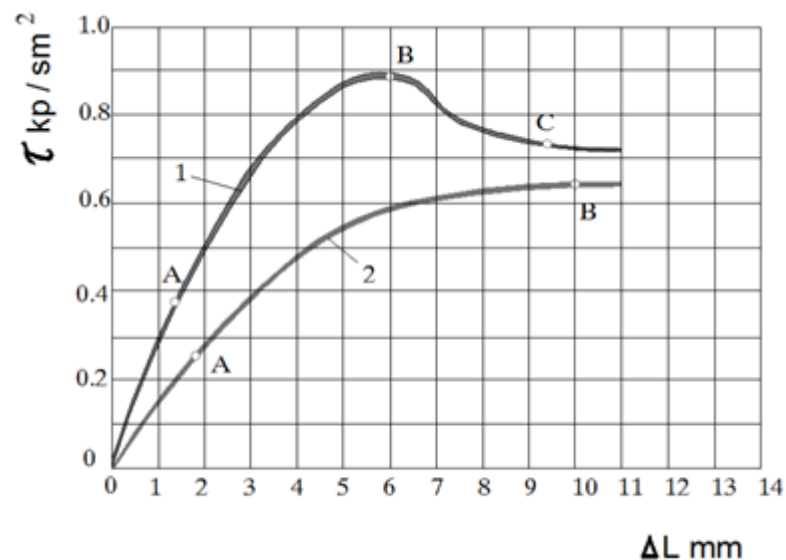
$$\tau = \frac{ps}{A}$$

A = површина на пресекот на примерокот во кутијата, во cm^2 ,
за секој вертикален притисок p се црта по еден дијаграм на деформација.

Дијаграмот на смолкнување ја прикажува зависноста помеѓу вертикалниот притисок p и смолкнувачката цврстина која одговара τ_{max} . Овој дијаграм се добива кога на апсцисата се нанесува големината на вертикалниот

притисок p , во kp/sm^2 , а на ординатата се нанесува смолкнувачката цврстина која одговара τ_{max} во kp/sm^2 , што се одредува од дијаграмот на деформација.

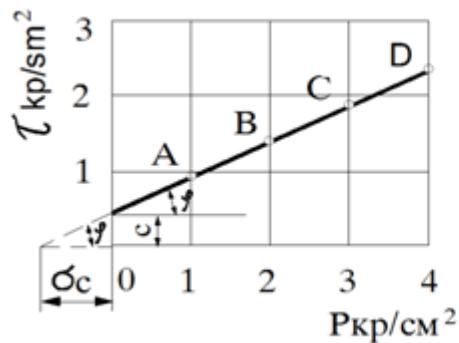
Пример, дијаграм на деформација е прикажан на сл. 6 каде кривата 1 ги прикажува деформациите на кохерентен збиен примерок, а кривата 2 на некохерентен примерок. Делот на кривата кој се протега од 0 до А каде смолкнувачкиот напон е пропорционален на деформацијата, се нарекува зона на еластични деформации, а делот од А до В, каде смолкнувачкиот напон расте побавно од деформацијата, се нарекува зона на пластични деформации. Напонот во точка В претставува смолкнувачка цврстина τ_{max} . Точката С во која кривата преминува во хоризонтала ја означува границата на течење. Делот на кривата од В до С е зона на течење, а делот позади точката С е зона на лизгање на материјалот. Делот на кривата 2 од 0 до А е зона на еластични деформации, од А до В е зона на пластични деформации, а делот позади В е зона на лизгање на материјалот. Точката В е точка на најголемиот напон и истовремено точка на лом. Напонот во точката В претставува смолкнувачката цврстина τ_{max} .



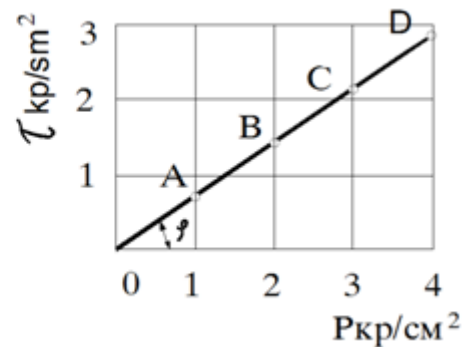
Слика 6

Примери на дијаграми на смолкнување се прикажани и на сл. 7 и сл. 8. На сл. 7 е прикажан дијаграм за кохерентен материјал, а на сл. 8 за некохерентен материјал. Кога точките А, В, С и D лежат на правата линија како што е на сликите 7 и 8, тогаш значи дека испитувањето е правилно извршено. Ако не е така, тогаш значи испитувањето не е правилно извршено и во тој

случај треба да се повтори, односно повторува, сè додека не се добијат точките во права линија.



Слика 7



Слика 8

Од дијаграмот за смолкнување се добива и аголот на внатрешното триење на материјалот ϕ како и аголот кој ја затвора правата A,B,C и D со хоризонталата. Од дијаграмот за кохерентен материјал се добива и големината на кохезија на материјалот c , во $\text{kp}/\text{см}^2$, која претставува отсечка на ординатната оска од 0 до пресекот со линијата A,B,C,D, а исто така, и кохезискиот напон σ_c , во $\text{kp}/\text{см}^2$ кој се добива како отсечка на апсцисата од 0 до пресекот со линијата A,B,C,D, или се пресметува по формулата $\sigma_c = \frac{c}{\tan \phi}$

За некохерентни материјали, кохезијата и кохезискиот напон имаат вредност 0

6.2. ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892-6 и CEN ISO/TS 17892-7

Тестови за испитување на индекс на јакост и јакост на плото

6.2.1. Намена и цели на тестовите

Намената на тестовите за индекс на јакост е на брз и едноставен начин да се одреди недренираната јакост на смолкнување c_u на глинести почви. Со овој стандард се опфатени следните тестови за индексот на јакост:

- лабораториски тест со перки;
- тест со паѓачки конус.

Целта на испитувањето е да се одредат параметрите за дренираната и/или недренираната јакост на смолкнување. Опфатени се следните тестови за јакост:

- едноаксијална јакост на притисок;
- неконсолидиран недрениран триаксијален тест за притисок;
- консолидиран триаксијален тест за притисок;
- тест со кутија за транслатно смолкнување и тест со кутија за торзиско смолкнување (кружно смолкнување).

Тестовите со кутија за кружно и транслаторно смолкнување треба да се користат за испитување на тло во дренирани услови.

Во услови на брзи зачестени напрегања, глините со многу ниска пропустливост може понекогаш да се смета дека се оптоваруваат во недренирани услови и во двата вида апарати со кутија за смолкнување. Тестот тогаш дава индикација за недренирана јакост.

Во овој дел се работи само за тестовите за јакост врз целосно сатурирани или суви почви.

6.2.2. Општи барања

Испитувањата ќе се извршат врз непореметени тест-примероци со квалитет од класа 1. Во табела 7 е предложен список на постапки за тестирање на почвата за индексот на јакост вклучени во овој стандард.

- Чеклиста за тестови за индекс на јакост на глинести почви

Индекс на јакост	Чеклиста
Секој индекс на јакост	Тестот обезбедува приближен индекс на јакост на смолкнување Постои голема несигурност во мерењата Користете ги со внимание резултатите за нехомогена и споена/ислизгана почва Сите резултати се под влијание на применетата тест стапка Треба да се провери повторливоста на тестовите
Лабораториски тест со перки	Обезбедува во прилог мерка на чувствителност и премоделирана јакост на смолкнување Проверете го начинот на ротација (рачна наспроти моторизирани) Тестовите можат да се вршат врз екструдирани примероци или во цевка за земање примероци
Паѓачки конус	Тест може да се врши врз екструдирани примероци или во цевка за земање примероци врз непроменет материјал. Ова

	може да биде надополнето со тест на премоделиран материјал за утврдување на чувствителност, т.е. податоци за односот меѓу непроменета и премоделирана јакост
	Обезбедува во прилог мерка на чувствителност на премоделиран тест- примерок
	Проверете ја оштетеноста на врвот на конусот
	Проверете го конусниот агол на врвот

Табела 7

За одредување на јакоста на смолкнување на глина, иловица и органска почва, треба да се користат непореметени примероци (класа на квалитет 1). За одредена почва, или за посебна намена, тестовите можат да се извршат врз реконституирани или премоделирани тест-примероци. За крупни иловици и песоци, тест-примероците може да бидат повторно набиени или реконституирани. Треба да се внимава, да се избере начин со кој се добива што е можно поблиску структурата и густината важни за проектот што се работи. За пренабиени или реконституирани тест-примероци, треба да се одредат составот, густината и содржината на вода на подготвените тест-примероци, што се важни за *in-situ* состојбите и начинот за подготовка на тест-примерокот. За тестот за јакост, ќе се процени или одреди следното:

- бројот на потребни тестови;
- избраните локации за тест-примероците од земениот примерок;
- потребниот квалитет на примерокот;
- начинот за подготовка на тест-примерокот;
- ориентацијата на тест-примерокот;
- видот на тест;
- тестови за класификација што е потребно да се направат;
- напрегања на консолидација (ако е применливо);
- време на пораст за консолидацијата (ако е применливо);
- стапка на смолкнување;
- критериум за лом;
- критериум за завршување на тестовите (на пр., напрегање на кое треба да запре тестот);

- критериум за прифатливост (на пр. сатурација, растурање);
- точност на мерењата;
- форма на презентирање на резултати од испитувањата;
- секоја постапка што е употребена како додаток на тие што се наведени во прифатениот стандард.

Јакоста на смолкнување на примерокот треба да се одреди со сет од три или повеќе теста под разни нормални напрегања. Кога се одредува јакост на смолкнување на почвен слој, ќе се земе предвид следното:

- видот на смолкнување;
- начин на подготовка на тест-примерокот;
- потребата за дополнителни тестови за класификација.

Ако се тестираат примероци од класа со квалитет 2, при толкување на резултатите, треба да се земат предвид дејствата поради пореметувањето на примерокот. Во табела 8 се дадени препорачаниот минимален број на тестови за еден почвен слој кај триаксијалните тестови за притисок.

Препорачан број на тестови за одредување на ефективниот агол на отпорот на смолкнување^a			
Варијабилноста во енвелопата за јакоста Коефициент на корелација r на кривата на регресија	Споредбено искуство		
	Нема	Средно	Обемно
$r \leq 0,95$	4	3	2
$0,95 < r \leq 0,98$	3	2	1
$r \geq 0,98$	2	1	1
Препорачан број на тестови за одредување на недренираниот отпор на смолкнување			
Варијабилност на недренираната јакост на смолкнување (за исто напрегање на консолидација)	Споредбено искуство		
	Нема	Средно	Обемно
Сооднос \max/\min вредности > 2	6	4	3
$1,25 < \text{Сооднос } \max/\min \text{ вредност} \leq 2$	4	3	2
Сооднос \max/\min вредност $\leq 1,25$	3	2	1

Табела 8

6.2.3. Проценка и употреба на резултатите од испитувањата

Треба да се има предвид дека вредностите на c_u ја претставуваат недренираната јакост на смолкнување на тлото во лабораториски услови. Тие не ја претставуваат недренирана јакост на тлото *in-situ*. Зависно од карактеристиките на тлото и од одредениот избран тест за индекс на јакост, резултатите од тестовите можат да бидат само приближна проценка за c_u . Тестовите за индексот на јакост треба да се користат само за проекти каде постои добро документирано, споредбено искуство со слично тло. Ако постои добро документирано споредбено искуство, недренираната јакост на смолкнување добиена од тестовите за индексот на јакост може да се користи ако се примени примерот за аналитички метод даден во EN 1997-1:2004.

Резултатите од испитувањата можат да се користат за да се провери варијабилноста на недренираната јакост на смолкнување во рамките на тој слој. Презентацијата на резултатите од испитувањата ќе вклучува, според потребите:

- *патекиите на ефективно напрегање;*
- *Морови циклуси;*
- *криви напрегања-деформации;*
- *криви порен притисок-деформации;*
- *параметри за порниот притисок.*

Со линеарна екстраполација на резултатите од испитувањата можат да се добијат погрешни вредности за јакоста на тлото, бидејќи кривата на лом (анвелопа) по правило не е права линија, особено при мали нормални напрегања.

Ќе се наведе опсегот со напрегања врз основа на кои се одредени параметрите на јакост. Постојат неколку методи за да се добијат параметрите на почвата за напрегање-деформации и јакост во лабораторија и *in-situ*. Ако е соодветно, резултатите од овие разни тестови треба да се споредат кога се прави проценка на резултати од испитувањата. Резултатите треба да се проценат со земање предвид стапката на напрегањата што биле употребени за испитувањата.

Тестовите за притисок и директно смолкнување ги обезбедуваат широко прифатените параметри за јакост што може да се применат во рутински проектни методи, но не се секогаш применливи и за други анализи.

6.3. КОРЕЛАЦИЈА

Според МК-стандардот „тест за директно смолкнување“ се изведува лабораториски со помош на посебен статичен апарат наменет за таа работа. Добиените резултати од тестирањето понатаму се користат како критериум за одредување на стабилност и носивост на објекти од тло. Стандардот опфаќа тестирања на разни видови на тло и тоа како од кохерентно, така и од некохерентно тло.

Добиените резултати се прикажуваат на два посебни дијаграма, од кои еден за деформации и друг за смолкнување. Дијаграмот за деформации ја прикажува зависноста помеѓу деформацијата и смолкнувачкиот напон (τ). Смолкнувачкиот напон се добива со пресметка на смолкнувачката сила (ps) според дадената формула:

$$\tau = \frac{ps}{A}$$

каде што A е површина на пресекот на примерокот во кутијата, во sm^2 .

Од добиените резултати во овој стандард се исцртуваат уште два дијаграма кои го прикажуваат смолкнувањето на тлото, и тоа: еден за кохерентно и еден за некохерентно тло. Дијаграмот на смолкнување ја прикажува зависноста помеѓу вертикалниот притисок p и смолкнувачката цврстина која одговара τ_{max} . Со овој стандард, преку дијаграмот за кохерентно тло се добива и големината на кохезијата на материјалот (c), а од каде што се добива и кохезискиот напон (σ_c), кој може да се пресмета со формулата:

$$\sigma_c = \frac{c}{tg\varphi}$$

За некохерентни материјали, кохезијата и кохезискиот напон имаат вредност 0.

Еврокодот 7 за таа цел врши тестирање на тло кое е дефинирано како „тестови за испитување на индекс на јакост и јакост на почвата“, каде што се опфатени повеќе тестови со различна намена. Помеѓу тестовите кои ги содржи овој стандард не постои тест кој е именуван како „тест за директно смолкнување на тло“, односно тест на кој може да се направи корелација со тестот за директно смолкнување во МК-стандардот. Намената на овој евростандард е да се одреди брзо и на едноставен начин недренираната јакост на смолкнување (c_u) на глинестите почви, а како главна цел му е да се одредат параметрите за дренираната и/или недренираната јакост на смолкнување. Тестовите се прават лабораториски со помош на: тест со перки и тест со паѓачки конус.

Вредностите на (c_u) добиени лабораториски според евростандардот ја претставуваат недренираната јакост на смолкнување на почвата само во лабораториски услови. Додека за почва *in-situ* не важат тие вредности, односно во зависност од избраниот тест и карактеристиките на тестираното тло, добиените вредности можат да се земат само како приближно точни. Тестовите за притисок и директно смолкнување можат да се применат во рутински проектни методи, но не се секогаш применливи и за други анализи. евростандардот налага тестовите за индексот на јакост да се користат само кај проекти каде постои добро документирано споредбено искуство.

Кога станува збор за овој евростандард може да се заклучи дека начинот за добивање на вредностите за директно смолкнување, односно јакост на тлото е посложен, но е попрецизен во добиените вредности, посебно кога се работи за големи проекти.

7. КОРЕЛАЦИЈА НА МК - СТАНДАРД МКС У_Б1_029 И ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892-6 и CEN ISO/TS 17892-7

7.1. МК-СТАНДАРД, МКС У_Б1_029

Испитување на директно смолкнување на тло во триаксијален апарат

7.1.1. Предмет, намена и принцип на испитувањето

Овој стандард го пропишува начинот на испитување директно смолкнување на тло со помош на триаксијален апарат.

Смолкнувачката цврстина на тлото служи како критериум за одредување на стабилноста и носивоста на објекти изработени од тло, како и стабилноста на природните падини од тло.

Примерокот се става во ќелијата на триаксијалниот апарат, ќелијата херметички се затвора со горниот капак, потоа се оптоварува со константен разностран притисок бочно и одозгора сè до консолидација на примерокот, а потоа примерокот преку клипот одозгора се оптоварува со вертикална сила сè до неговиот лом. Во текот на тестирањето (кое се вриши под разни услови) се регистрираат: напонот, деформацијата на примерокот, промена на волумен, промена на притисокот на порната вода и врз основа на добиената анализа се пресметува смолкнувачката цврстина.

7.1.2. Апарати, опрема и прибор

- **Триаксијален апарат кој се состои од седум уреди.**

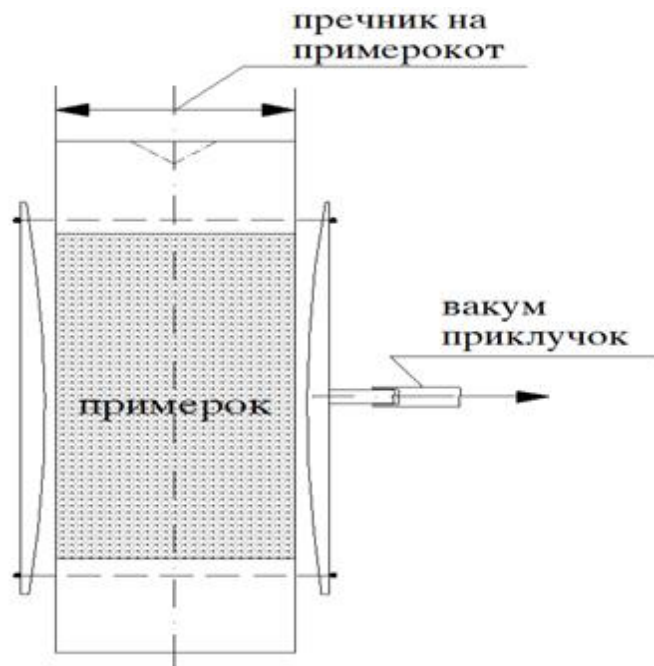
Опрема која се применува:

- опрема за одредување влажност на тлото според МКС У_Б1_012,
- опрема за одредување волуменска тежина според МКС У_Б1_016,
- опрема за одредување оптимална содржина на вода според МКС У_Б1_038

Се применуваат следниот прибор и уреди:

- уред за обработка на цилиндричен примерок,
- цилиндар (сл. 9) за ставање на гумени мембрани на примерокот и приклучок за вакуум-пумпа,
- вакуум-пумпа,
- дводелен цилиндар кој служи за фина обработка на примерокот,
- цилиндар за расклопување за примероци од песок,
- нож за порамнување на примерокот,
- лажица за ставање на примерокот,

- две епрувети од по 10 и 100 см³,
- хартиен филтер,
- микрометар за мерење димензии на примерокот.



Слика 9

7.1.3. Подготовка и вградување на примерокот

Се подготвуваат најмалку три примероци со цилиндричен облик, пречник 38 или 100 мм, а висина 76 или 200 мм, респективно. Примероците на кохерентно и некохерентно тло се подготвуваат и вградуваат на различни начини.

- **подготовка и вградување на примерок од кохерентно тло**

Непореметен примерок од кохерентно тло се зема со цилиндар со тенок сид. По истиснувањето од цилиндарот примерокот се обработува fino со одредени димензии спомнати погоре. По обработувањето, примерокот се става на основата од долниот капак на ќелијата, на која претходно е ставена перфорирана или неперфорирана плоча, во зависност од тоа дали примерокот се испитува со дренирање или без дренирање.

Потоа и на горната страна на примерокот се поставува перфорирана или

неперфорирана плоча, а врз неа метална плоча, преку која со помош на клип се оптоварува примерокот. Потоа на примерокот се навлекува гумена мембрана која со гумени прстени се прицврстува за горната метална плоча, а долу за подножјето на кое е поставен примерокот. Гумената мембрана го изолира примерокот од течности во ќелијата. Потоа се поставува горниот метален капак на ќелијата која со шrafoви се прицврстува за долниот капак. Бидејќи меѓу цилиндарот на ќелијата и долниот и горниот капак се поставени гумени прстени, тоа значи дека таа ќелија херметички е затворена.

Вештачки збиен примерок на кохерентно тло се подготвува во калап според МКС У_Б1_038. Во тој примерок се втиснува цилиндар со тенок сид. Понатаму постапката е иста како кај непореметен примерок.

- **подготовка и вградување на примерок од некохерентно тло**

Примерок од некохерентно тло се вградува во цилиндар кој е поставен на подножјето од долниот дел на капакот на ќелијата врз порозна плоча. Во цилиндарот од внатрешните страни пред вградувањето на примерокот се поставува гумена мембрана која се превиткува од горната и долната страна преку работ на цилиндарот и се прицврстува со гумени прстени. Потоа во цилиндарот се става примерокот до одредена висина и на примерокот се става горна перфорирана плоча, а врз неа метална плоча на која дејствува клип. Потоа примерокот се изложува на мал вакуум така што се задржува обликот на вградениот примерок. Потоа се отстранува цилиндарот, гумената мембрана се прицврстува со гумени прстени за подножјето на долниот капак и за горната метална плоча. Цилиндарот на ќелијата се става на долниот капак, а на горната страна на цилиндарот на ќелијата се поставува горен капак и се прицврстува со шrafoви за долниот капак.

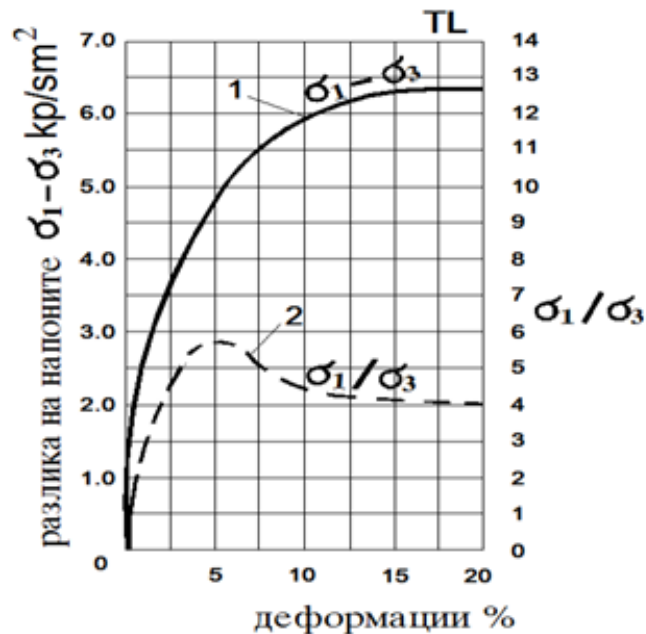
Примерокот е подготвен за испитување.

Овие примероци се вградуваат на два начина во гумената мембрана која се наоѓа во цилиндарот, и тоа:

- примерок од суво некохерентно тло се става во гумена мембрана, а потоа се пушта вода одоздола па нагоре низ епруветата за примерокот да се засити со вода;

- мешавина од некохерентно тло и вода се вградуваат во мембраната со лесно вибрирање за да се постигне поголема збиеност на примерокот.

Кога примерокот е вграден се мерат димензијата и масата на примерокот која се добива кога од вкупната количина на подготвеното тло се одбива остатокот тло по вградувањето на примерокот. Од овој остаток се зема примерок за испитување на влажност на тлото според МКС У_Б1_012.



Слика 10

7.1.4. Начин на испитување

За да биде комплетен експериментот е потребно да се испитаат најмалку три подготвени примероци, и тоа: првиот да биден изложен на притисок од сите страни во ќелијата со $\sigma_3 = 1,0 \text{ kP/sm}^2$, вториот со $\sigma_3 = 2,0 \text{ kP/sm}^2$, и третиот со $\sigma_3 = 4,0 \text{ kP/sm}^2$. Овој сестран притисок е константен до консолидација на примерокот па и понатаму, за време на целиот експеримент. Потоа се спушта клипот на горната плоча на примерокот и преку уредот примерокот се оптоварува со вертикална сила која се зголемува така што примерокот со една константна брзина да се деформира од 1 до 2 микрона во минута сè до неговиот лом кога се регистрира силата F која го има предизвикана ломот и аголот кој го зафаќа смолкнувањето на примерокот спрема хоризонталата.

Во текот на експериментот се регистрираат: сестрани константни и вертикални притисоци, деформацијата на примерокот, порните притисоци

доколку експериментот е без дренирање, или промената на волуменот ако е експериментот со дренирање на примерокот.

Експериментот трае сè до ломот на примерокот, односно додека разликата на главните напони $\sigma_1 - \sigma_3$ не почне да опаѓа или не стане константна. По експериментот се мери сувата тежина на примерокот и се одредува волуменот според МКС У_Б1_016 (одредување на волуменска маса).

На експериментот дејствуваат следните напони:

σ_1 = најголемите главни напони од вертикалните сили регистрирани во моментот на лом, кој се добива кога силата на ломот се дели со горната површина на примерокот и се додава сестраниот константен притисок σ_3 кој дејствува во ќелијата и на горната површина на примерокот преку плочата на која дејствува и вертикална сила преку клипот; $\sigma_1 = F/A + \sigma_3$;

σ_3 = најмалиот главен напон, т. е. сестраниот константен притисок во ќелијата од 1,0 ; 2,0 и 4,0 kP/sm²,

τ = смолкнувачки напон во kP/sm² кој дејствува во правец на смолкнување на примерокот, а се пресметува со помош на следната формула:

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\alpha$$

каде што α е аголот кој го зафаќа правецот на смолкнувачкиот напон со хоризонталата.

7.1.5. Видови на триаксијални испитувања

Во зависност од начинот на испитување, постојат три постапки, и тоа:

- **постапка без дренирање и без консолидација на примерокот**

а/ Со непореметени и пореметени кохерентни мали примероци, пречник $d=38$ mm, заситени со вода и без мерење на притисокот во порите;

б/ Со вештачки збиени поголеми примероци, пречник $d = 100$ mm, незаситени со вода и со мерење на притисокот во порите.

Во текот на овие постапки примерокот не се дренира и брзо смолкнува, при што се регистрираат: деформацијата на примерокот која треба да изнесува од 0,5 до 1,0 % од висината на примерокот мерено во минути, вертикалната сила до лом, промената на волуменот во случајот (а) или порни притисоци во случај (б)

- **постапка без дренирање и со консолидација на примерокот**

а/ Со некохерентни мали примероци заситени со вода, со консолидација. Консолидацијата на примерокот е завршена кога манометарот не покажува никакво зголемување на притисокот во порите.

б/ Со кохерентни заситени мали примероци со консолидација и мерње на притисок во порите. Консолидацијата на примерокот е завршена кога претходното ниво на вода во епруветата се доведе на посакувана висина и по извесно време се констатира дека нивото на водата престанува да се искачува во епруветата.

ц/ Со кохерентни делумно заситени големи примероци со консолидација на примерокот како под точка (б), се мерат промените на волуменот и порните притисоци.

Во текот на овие постапки примерокот не се дренира и се изложува на сестран константен притисок до консолидација. Примерокот потоа се изложува на вертикална сила сè до лом и се регистрираат: силата на ломот, деформацијата на примерокот, порните притисоци и промената на волуменот.

- **постапка со дренирање и со консолидација на примерокот**

а/ Со некохерентни заситени мали примероци кои се консолидираат. Консолидацијата е завршена кога манометарот не покажува никакво зголемување на притисокот во порите.

б/ Со кохерентни мали примероци кои се консолидираат. Консолидацијата на примерокот е завршена кога претходното ниво на вода во епруветата се доведе на посакувана висина и по извесно време се констатира дека нивото на водата престанува да се искачува во епруветата.

ц/ Со кохерентни делумно заситени големи примероци кои се консолидираат. Консолидацијата на примерокот е завршена како под точка (б).

Врз основа на сите наведени постапки добиени се резултати кои се анализираат и се добиваат вредности наведени во точка (7.1.4. – *начин на испитување*)

7.1.6. Прикажување на резултатите

Регистрираните резултати од испитувањето се прикажани на следните дијаграми:

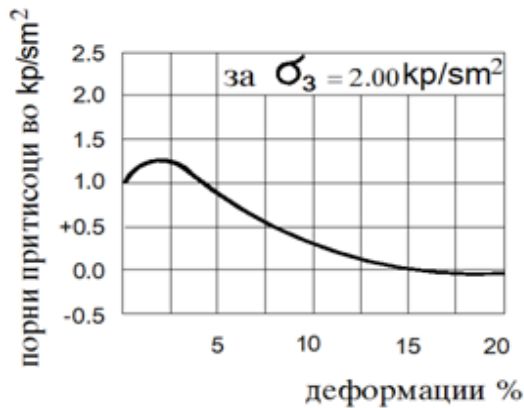
- дијаграм на промена на разликата во напоните $\sigma_1 - \sigma_3$,
- дијаграмот промена во односот на напонот σ_1 / σ_3 ,
- дијаграмот промена на порниот притисок и волуменот во однос на деформацијата на примерокот,
- дијаграмот Морови (Mohr) кругови за напон со обвивки.

Дијаграмот на промена на разликите во главните напони $\sigma_1 - \sigma_3$ е прикажан на сл. 10, поз. 1. Тој се добива кога на апсцисата се нанесува процентот на деформацијата на примерокот, а на ординатата се нанесува разликата на главните напони $\sigma_1 - \sigma_3$. Овој дијаграм служи за полесно да се одреди точката на ломот во случај кога се испитуваат меки пластични материјали на тлото.

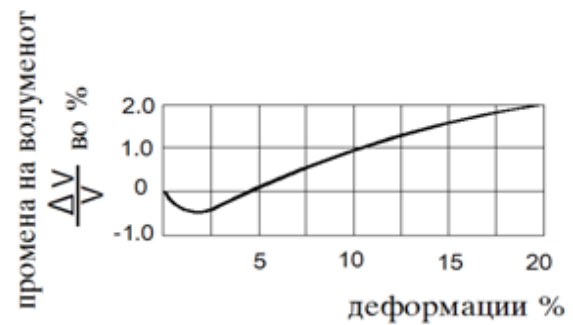
Дијаграмот на промена на односот во главните напони $\sigma_1 - \sigma_3$ е прикажан на сл. 10, поз. 2. Тој се добива кога на апсцисата се нанесува процентот на деформација на примерокот, а на ординатата се нанесуваат вредностите на односот помеѓу главните напони $\sigma_1 - \sigma_3$.

Дијаграмите на промена на порниот притисок и промената на волуменот се прикажани на сл. 11 и 12. Тие се добиваат кога на апсцисата се нанесува вредноста на процентот на деформацијата, а на ординатата, сл. 11, се нанесува вредноста на порните притисоци во kp/sm^2 за $\sigma_3 = 2,0 \text{ kp/sm}^2$, а на ординатата, сл. 12, се нанесува вредноста на промената на волуменот

$$\frac{\Delta V}{V} \text{ во } \%, \text{ за ист напон } \sigma_3 = 2,0 \text{ kp/sm}^2.$$

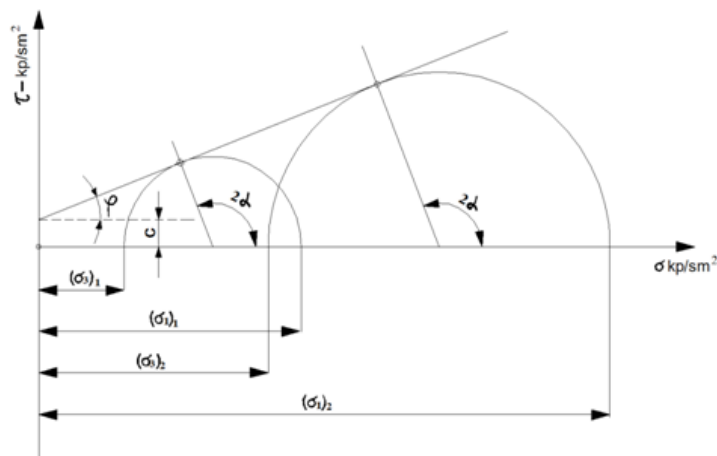


Слика 11



Слика 12

Дијаграм Морови кругови за напон е прикажан на сл. 13. Тој се добива кога на апсцисата се нанесува најмалиот и најголемиот главен напон (σ_3 и σ_1)₁ и (σ_3 и σ_1)₂ и се конструираат Морови кругови за секој пар напон, а на ординатата се нанесува смолкнувачката цврстина $\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\alpha$ во kp/sm^2 . Околу центарот на секој круг се опишува аголот 2 и од центарот се повлекуваат другите страни на аглите 2 до пресекот со кружната линија. Кога овие точки ќе се спојат се добива како тангентата на круговите која со хоризонталата зафаќа агол на триење ϕ , а кога ќе се повлече до пресекот со ординатата, отсечката (c) ја претставува вредноста на кохезијата на тлото. Тангентата, односно обвивката на Моровите кругови претставува дијаграм на смолкнувачката цврстина на тлото. Таа може да се пресмета и со формулата $\tau = c + \sigma \tan \phi$, каде σ е напонот на апсцисата.



Слика 13

Ординатите и апсцисите на сите дијаграми се во линеарен размер. Дијаграмите според сл. 12, 13 и 14, претставуваат промена на главните напони, порни притисоци и промена на волуменот во зависност од деформацијата на примерокот.

7.2. ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892-6иCEN ISO/TS 17892-7

Триаксијален тест за притисок

7.2.1 Број на тестови

Во табела 9 е даден препорачан минимален број на тестови за еден слој тло.

Препорачан број на тестови за одредување на ефективниот агол на отпорот на смолкнување ^a			
Варијабилноста во енвелопата за јакоста Коефициент на корелација на кривата на регресија	Споредбено искуство		
	Нема	Средно	Обемно
$r \leq 0,95$	4	3	2
$0,95 < r \leq 0,98$	3	2	1
$r \geq 0,98$	2	1	1
Препорачан број на тестови за одредување на недренираниот отпорот на смолкнување			
Варијабилноста недренирана јакост на смолкнување (за исто напрегање на консолидација)	Споредбено искуство		
	Нема	Средно	Обемно
Сооднос max/min вредности > 2	6	4	3
$1,25 < \text{Сооднос max/min вредност} \leq 2$	4	3	2
Сооднос max/min вредност $\leq 1,25$	3	2	1

Табела 9

7.2.2 Проценка на резултатите од тестовите

Во прилог на проценката на фактите, недренираната јакост на смолкнување треба да се провери со корелации со видот на тлото, индексот на пластичност итн. Проценките за недренираната јакост на смолкнување треба да бидат поврзани со видот на тест од кој се добиваат резултатите.

Агол на отпорот на смолкнување треба да се провери со корелации со видот на тлото, пластичноста, индексот на густина итн. Лабораториските и *in-situ* условите на напрегања (на пр. акси-симетрични наспроти состојби на рамнински деформации) треба да бидат внимателно разгледани и во соодветните случаи, аголот на отпорот на смолкнување треба да се прилагоди. Односите со, на пример, резултатите од тестови на статичко пробивање и постоечките корелации со агол на отпорот на смолкнување, исто така, треба да бидат вклучени.

7.2.3. Неконсолидиран, недрениран триаксијален тест за притисок

Тестот треба да се изврши без притоа да се дозволи какво било дренажање на тест-примероците. Во текот на подготовките и испитувањата, не смее да се дозволи контакт на тест-примероците од почвата со вода (на пр. од истеците за дренажање или конверторите за порен притисок итн.). Содржината на вода пред и по тестот и волуменската густина пред тестот ќе се одредат за секој тест-примерок.

Резултат од тестирањето е недренираната јакост на смолкнување c_u од испитувањето на тлото. Ефективните напрегања во рамките на лабораторискиот тест-примерок може да отстапуваат од ефективните *in-situ* напрегања. Резултатот од тестирањето, поради овие разлики, не мора да ја претставува *in-situ* недренирана јакост на тлото.

7.2.4. Консолидиран триаксијален тест за притисок

Испитувањата ќе се извршат врз непореметени тест-примероци од класа на квалитет 1. За консолидираниот триаксијален тест за притисок ќе се процени или одреди следното :

- методот на сатурација и критериумот за сатурација;

- потребниот противпритисок;
- сите постапки што се употребени, покрај тие што се опфатени со прифатениот стандард (на пр. подмачкани краеве, локални мерења на деформации или порен притисок).

За консолидиран, недрениран триаксијален тест, ќе се одредат условите за мерење на порните притисоци и целокупната патека за напрегањата на смолкнување. За консолидирани дренирани тестови, ќе се одредат уредот за мерење на промени во волуменот и патеката на напрегања за смолкнување. За секој тест-примерок ќе се одреди содржината на вода пред и по тестот и волуменска густина пред тестот. За секој сет триаксијални тестови во еден слој, треба да се направи едно одредување на граница на конзистентност и една анализа на големината на честичките. Резултатите треба јасно да го искажат видот на употребениот тест што бил извршен, кои параметри за јакост се дадени, степенот на смолкнување и критериумот за лом што бил употребен за избирање на јакоста на смолкнување (на пр. максимално отстапување на напрегањето, максимален однос на напрегања). Во извештајот ќе се искажат сите познати отстапувања од стандардните постапки за испитување, на пример, во степенот на сатурација на тест-примероците, постапките на тестирање, составот на тест-примерокот или во кој било друг поглед.

При проценка на резултатите од тестовите треба да се земе предвид дека недренираната јакост на смолкнување, параметрите на порните притисоци и односот напрегање-деформации се во поголема мера под влијание на пореметеноста на примерокот отколку параметрите за дренирана јакост. Во зависност од видот на тестот, може да се добие дренирана или недренирана јакост на почвата. Според тоа, вредностите се ефективниот агол на отпорот на смолкнување (ϕ') и ефективната кохезија (c'), или недренираната јакост на смолкнување (c_u). Вредностите можат да се користат за анализи како за дренирана така и за недренирана стабилност.

7.2.5. Тест со кутија за консолидирано директно смолкнување

Испитувањата ќе се извршат врз непореметен тест-примероци со класа на квалитет 1. Локацијата и ориентираноста на тест-примерокот внимателно ќе се одмери, така што е можно поблиску да се копираат *in-situ* условите. Во тестовите со кутија за транслаторно смолкнување и тестовите за кружно

смолкнување, се присилува појава на лом врз или во близина на хоризонталната површина во средината на тест-примерокот. Негативните или позитивните порни водени притисоци, како последица на смолкнувањето, ќе се избегнат за време на тестирањето, бидејќи тие не можат да се измерат и не можат да се земат предвид при толкувањето на тестот. За да се одржат дренирани услови, стапката на смолкнување треба да биде доволно бавна за да може да се губат порните водени притисоци.

Резултатите од тестот со кутија за стандардно смолкнување ја претставуваат јакоста во дренирани услови. Вредностите се ефективниот агол на отпорот на смолкнување и ефективната кохезија. Вредностите можат да се користат при анализи за стабилност.

7.3. КОРЕЛАЦИЈА

МК-стандардот го пропишува начинот на испитување директно смолкнување на тло со помош на триаксијален апарат. И според овој стандард добиените вредности служат како критериум за одредување на стабилноста и носивоста на објекти изработени од тло.

Тестовите се изведуваат лабораториски, а за нивно изведување се користи т. н. триаксијален апарат. Испитувањето според овој стандард се однесуваат на кохерентните и некохерентните тла. Начинот на кој се врши тестирањето бара да се испитаат најмалку три примероци изложени под различен притисок. Според МК-стандардот смолкнувачкиот напон кој се мери во kp/sm^2 се пресметува со помош на формулата:

$$\tau = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin 2\alpha$$

МК-стандардот опфаќа три вида на триаксијални тестирања на тло кои зависат од постапката на тестирањето, а тоа се:

- постапка без дренирање и без консолидација на примерокот
- постапка без дренирање и со консолидација на примерокот
- постапка со дренирање и со консолидација на примерокот

Добиените резултати од тестовите се прикажуваат со помош на дијаграми каде секој дијаграм ги дава бараните вредности (прикажано во описот на самиот стандард).

Во еврокодот 7, стандардот именуван како „*триаксијален тест за притисок*“ опфаќа тестови за одредување на ефективниот агол на отпор на смолкнување и одредување на недренираниот отпор на смолкнување. И овој стандард, исто така, бара повеќе тестови кои се дадени во табела, а кои зависат од тоа дали се одредува ефективниот агол на отпор на смолкнување или одредување на недренираниот отпор на смолкнување.

Кога е во прашање аголот на отпорот на смолкнување треба да се провери со корелации со видот на тлото, пластичноста, индексот на густина итн. Кога е во прашање недренираната јакост на смолкнување треба да се провери со корелации со видот на тлото, индексот на пластичност итн.

Главни тестови кои се опфатени во евростандардот се:

- *неконсолидиран, недрениран триаксијален тест за притисок*,
- *консолидиран триаксијален тест за притисок*
- *тест со кутија за консолидирано директно смолкнување*

Добиените резултати од тестот за *неконсолидиран, недрениран триаксијален тест за притисок* можат да отстапуваат од ефективните *in-situ* напрегања затоа и не мора да ја претставува *in-situ* недренирана јакост на тлото. Кај тестовите за *консолидиран триаксијален тест за притисок* и *тест со кутија за консолидирано директно смолкнување* задолжително е тестовите да се извршат врз непореметени тест-примероци од класа на квалитет

1. Добиените резултати од тестот за *консолидиран триаксијален тест за притисок* и нивната проценка се заклучува дека вредностите се ефективниот агол на отпорот на смолкнување (ϕ') и ефективната кохезија (c') или недренираната јакост на смолкнување (c_u), кои можат да се користат за анализи како за дренирана така и за недренирана стабилност. Добиените резултати од тестот за *тест со кутија за консолидирано директно смолкнување* ја претставуваат јакоста во дренирани услови. Вредностите се ефективниот агол на отпорот на смолкнување и ефективната кохезија и можат да се користат при анализи за стабилност на тлото.

8. КОРЕЛАЦИЈА НА МК - СТАНДАРД МКС У_Б1_030 И ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892-6 и CEN ISO/TS 17892-7

8.1. МК-СТАНДАРД, МКС У_Б1_030

Одредување цврстина на притисок на тло

8.1.1. Предмет, намена и принцип на одредување на стандардот

- Овој стандард го пропишува начинот на одредување на цврстината на притисок на кохерентните материјали на тлото во случај на дејствување на едноаксијална сила во кој случај има слободно странично ширење.

- Резултатите одредени на овој начин се применуваат во пресметките за носивост и стабилност кај кохерентните материјали во тлото кои се со средна и висока пластичност, како и за утврдување на осетливоста на глинените материјали во тлото.

- Примерок со цилиндричен облик се изложува на дејство на аксијален притисок кој постепено се зголемува сè до моментот на ломот.

8.1.2. Опрема и апарати

- **Опремата за обработување на тест-примерокот е следната:**

- метална рамка со две хоризонтално вградени плочки, со пречник 35 до 40 мм, кои можат да се вртат околу својата оска и истовремено да се поместуваат висински од 70 до 80 мм, за обработување на тест-примероци од лапорец;

- метален цилиндар, со пречник 35 до 40 мм, висина 70 до 80 мм, (односот на висината и пречникот да изнесува 1 : 2) со прибор за истиснување на тест-примерокот од цилиндарот, за обработка на глинен примероци;

- цилиндар од три дела за вадење на примерок од тлото, според МКС В1.016 (одредување волуменска маса на материјалот од тлото со пори применувајќи го методот со гумен балон) со пречник 35 до 40 мм, висина 70 до 80 мм, со уред за истиснување на тест-примерокот од цилиндарот;

- нож за сечење и порамнување на тест-примерокот.

- **Видови на апарати кои се користат:**

Апарати за постепено зголемување еднооксијален притисок со уред за мерење или регистрирање на силата и деформациите на тест-примерокт на кој се одредува цврстината на притисок се:

- апарат со лост, каде оптоварувањето се врши етапно, а деформациите се читаат на компараторот;

- апарат со перо, каде оптоварувањето се зголемува континуирано, со слабо затегнување на перото. Деформацијата и силата автоматски се запишуваат на дијаграмот и на него обично јасно се гледаат точките на лом, а силата на ломот се одредува со помош на прозирна маска која се става преку дијаграмот.

- хидраулична или воздушна преса со динамометар, на која оптоварувањето се зголемува континуирано, а силата се регистрира на динамометарот.

8.1.3. Начин на одредување

Обработениот примерок се става во избраниот апарат така што да биде целосно залепен и со горната и со долната своја површина за плочите на апаратот преку кои примерокот се оптоварува. Оптоварувањето полаку се зголемува сè до ломот на примерокот и се регистрира силата која го предизвикала ломот. Со постојана контрола на деформацијата и отпорот кој го пружа примерокот (доколку апаратот не е автоматизиран за регистрирање на големините на силите), силата треба да се зголемува со приближно толкава брзина така што испитувањето да трае околу 10 минути.

Одредувањето притисок на цврстина на тлото се одредува со помош на следната формула:
$$\sigma_p = \frac{F}{A} \left(1 - \frac{hm}{h}\right)$$

каде што е:

p- цврстина на притисок, изразена во p/ ;

F - сила на ломот, изразена во p;

A - површина на примерокот пред ломот, изразена во ;

h- почетна висина на примерокот, изразена во см;

hm - средна висина на слегнување на примерокот, изразена во см;

Од косината на пукнатината кај примерокот, во некои случаи може приближно да се пресмета и аголот на внатрешното триење на тлото (φ) според формулата:

$$\varphi = 2 \alpha - 90^\circ$$

каде α е агол на косината на пукнатината, односно аголот помеѓу скршената површина и правецот на дејствувањето на силата. На тој начин може приближно да се одреди аголот на внатрешно триење, но само кај строго праволиниското кршење на примерокот, во други случаи (неправилни пукнатини) не, бидејќи ќе бидат добиени погрешни резултати.

8.2. ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892-6 и CEN ISO/TS 17892-7

Еднооксијален тест за притисок

8.2.1 Барања на стандардот

Тестот за еднооксијална јакост на притисок треба да се изведе врз тест-примероци на почвата со доволно ниска пропустливост за да ги задржи недренираните својства за време на тестот.

По подготовката не треба да се одложува тестирањето за да се спречи промена во содржината на вода на тест-примероците.

8.2.2 Проценка и употреба на резултатите од испитувањата

Резултатот од тестирањето е приближната вредност на еднооксијалната јакост на притисок на тестираното тло.

Недренираната јакост на смолкнување c_u може да се одреди како половина од измерената еднооксијална јакост на притисок.

Ефективните напрегања во рамките на лабораторискиот тест-примерок можат да отстапуваат од ефективните *in-situ* напрегања. Резултатот од тестирањето, поради овие разлики, не мора да ја претставува *in-situ* недренирана јакост на тлото.

Треба да се знае дека тестовите за еднооксијална јакост и тестовите за

неконсолидиран, недрениран притисок не треба да ја претставуваат недренираната јакост на тлото *in-situ*.

8.3. КОРЕЛАЦИЈА

МК-стандардот го пропишува начинот на одредување на притисок на кохерентните материјали на тлото во случај на дејствување на едноаксијална сила во кој случај има слободно странично ширење. Резултатите се користат за пресметка на носивост и стабилност кај кохерентно тло со средна и висока пластичност.

За тестирање се користи едноставна опрема и апарати, а тестирањето се врши во лабораторија.

Одредувањето на притисок на цврстина на тлото се одредува со формулата:

$$\sigma_p = \frac{F}{A} \left(1 - \frac{hm}{h} \right)$$

Со помош на тестовите во овој стандард може приближно точно да се одреди и аголот (ϕ) на внатрешното триење на тлото.

Во еврокод 7 не се среќава стандард со тест за „*одредување цврстина на притисок на тло*“. Овде се среќава „*едноаксијален тест за притисок*“.

Овој тест треба да се изведе врз тест-примероци на тло со ниска пропустливост. Тестот се однесува на недренирана јакост на тлото, но не треба да ја претставува и недренираната јакост на тлото *in-situ* бидејќи се изведува лабораториски така што добиените резултати според еврокод 7 не се соодветни и за *in-situ* тло.

9. КОРЕЛАЦИЈА НА МК - СТАНДАРД МКС У_Б1_031 И ЕВРОКОД 7, EN ISO 22476 -1

9.1. МК-СТАНДАРД, МКС У_Б1_031

Одредување отпор на тлото со метод на статичко пенетрациско сондирање

9.1.1. Предмет и место на примена на стандардот

Со овој стандард се утврдува начинот на испитување на отпор на тлото, кој се карактеризира со отпор на продор на конус (R), интегрално (L) или специфично (f_s) триење по периметарот на цевката.

Испитувањето по овој стандард се применува кај тло изградено од кохерентни и некохерентни материјали.

Вредностите на отпорот при продорот на конусот, вкупната и специфична сила на триење по периметарот на цевката, добиени со овој стандард, се користат за добивање податоци кога се има за цел:

- утврдување хомогеност, односно хетерогеност на тлото,
- идентификација на тлото,
- оцена на збиеност, односно конзистенција на природното или насипаното тло,
- процена на параметрите на цврстина и деформабилност на тлото,
- процена на слегнувањето на тлото,
- процена на носивост на шипови.

9.1.2. Опрема и прибор

Опремата ја сочинува статички пенетрометар со можност за втиснување на конус и цевка во тлото со константна брзина, по правило од 2 mm/s, со прибор.

Приборот го сочинуваат конус со пречник на тело = 35,7 мм, со агол на врвот на конусот = 60°

Конус со триечки ракав, кој има надворешен пречник = 35,7 мм, со агол на врвот на конусот = 60. Триечкиот ракав има надворешен пречник = 35,7 мм површина на периметарот 150 и сместен непосредно над конусот.

Челична цевка, надворешен пречник D_1 = 32 до 36 мм, внатрешен пречник D_2 = 16,0 мм, и должина l = 1000 мм. Кога се мери интегрално триење по периметарот на цевката, надворешниот пречник на цевката мора да биде D_1 = 36 мм. Цевка со пречник помал од 36 мм мора да биде оддалечена барем 1.000 мм од конусот.

Вретена со кружен попречен пресек 15,0 мм должина $l = 1000$ мм. Доколку се користи пенетрометар со вградена опрема за автоматска регистрација на податоци, вретена не се користат.

Мерниот систем опфаќа само мерни уреди и систем за пренос на информации од конусот, триечкиот ракав и цевката до местото на регистрација.

Како прибор за постигнување на реактивни сили се користи сидро (анкери).

Како изадолжителен прибор може да се користи инклинометар и пијезометарски елемент.

9.1.3. Постапка

Експериментот се изведува „in situ“. Силата која е потребна за извршување на пенетрираниот експеримент достигнува максимална вредност, во зависност од капацитетот на погонскиот систем и реактивните сили. Погонскиот систем мора да биде добро поставен со добро осигурени вертикални сили и шипки, како и стабилност на уредот. Реактивната сила се постигнува со соодветно засидрување. Експериментот за статичка пенетрација се изведува на два начина:

- **континуирано испитување:**

- сите елементи од пенетрометарот (конус, триечките ракави и цевките) се втиснуваат во тлото истовремено со иста брзина,

- **сукцесивно испитување:**

- конусот се набива во тлото низ вретена кои слободно лизгаат околу цевката со дебели сидови.

Цевките се продолжуваат во текот на самата работа, а нивното спојување се врши со помош на навој. Шипките се долги по еден метар и слободно налегнуваат една врз друга. Големината на применетата сила при набивање, било тоа да е на конусот, било на триечкиот ракав, било на конусот и цевката заедно, се регистрира со помош на мерна комора со евентуален систем за автоматска регистрација. Со помош на вретената каде се поминува без триење низ цевката, се потиснува конусот пред цевката, додека за тоа време цевката мирува во теренот. При оваа операција се регистрира силата за

набивање на конусот врз чија основа се пресметува отпорноста на тлото при продирањето на конусот R. Во следната фаза на испитување конусот привремено мирува, а се врши набивање на цевката сè додека не се постигне контакт со телото на конусот. По оваа операција се врши наредно набивање, но сега на цевката и конусот заедно, каде што се регистрира вкупната сила. Кога од оваа вкупна сила се одбие вредноста на силата регистрирана при набивањето на конусот добиена во претходната фаза, се добива вкупната сила на триење околу периметарот на цевката L.

9.1.4. Прикажување на резултатите

Резултатите од испитувањето на тлото со статички пенетрометар се прикажуваат графички. Заедно со податоците мора да биде наведен и системот на мерење доколку со мерењата не е континуирано опфатен целиот профил.

9.2. ЕВРОКОД 7, EN ISO 22476 -1

Статичко пробивање и пиезотест на статичко пробивање (CPT, CPTU)

9.2.1. Цели на тестот

Целта на тестот на статичко пробивање (CPT) е да се одреди отпорот на почвата и меките карпи на пробивањето на конусот и локалното триење врз цевката. CPT се состои од притискање на конусниот пенетрометар вертикално во почвата со користење на серија притисни прачки. Конусниот пенетрометар ќе се набива во почвата со константна стапка на пробивање. Конусниот пенетрометар се состои од конус и доколку е соодветно, цилиндрично тело или тријна цевка. Се мери отпорот на статичко пробивање (q_c), како и, доколку е соодветно, локалното триење на тријната цевка. Во еврокод 7 се прават и други тестови за таа цел, и тоа: тест со пресиометар (PMT), тест со флексибилен дилатометар (FDT), стандартен пенетрациски тест (SPT), тестови со динамичко сондирање (DP), сондирање со тег (WST), теренски тест со перки (FVT), тест со рамен дилатометар (DMT) и тест со плоча (PLT). Целите на сите тестови главно се исти.

За електричните CPT-а, сите мерења ќе се направат со сензори содржани во

конусниот пенетрометар. За механички CPT-а, мерењата обично се прават од далечина. Пиезотестот на статичко пробивање, CPTU, е електричен CPT, кој вклучува дополнителни инструменти за мерење на порните притисоци во текот на пробивањето на ниво на основата на конусот. Резултатите од CPTU треба да се искористат главно за одредување на почвениот профил заедно со резултатите од земањето примероци со дупчење и ископување и земање примероци од почва и карпи, или во споредба со другите теренски тестови. Резултатите, исто така, можат да се искористат за одредување на геотехничките параметри како што се својствата на јакост и деформации на почвата и меките карпи, под услов дека пробивањето е можно, и како директни податоци за проектните методи, општо земено за крупно и ситно тло, но исто е можно и за другите видови талози. Резултатите, исто така, можат да се користат за да се утврди должината на коловите и нивниот отпор на притисок, влечен отпор или димензиите за плитките темели.

9.2.2. Специфични барања

Тестовите ќе се извршат и прикажат во согласност со методот кој е според барањата даден во EN ISO 22476-1 за електричните CPT и CPTU, или EN ISO 22476-12 за механичките CPT. При планирање на програма на испитувања за проект, покрај претходните барања, ќе се одерат и следните ставки:

- видот на потребниот тест на статичко пробивање во согласност со EN ISO 22476-1 или EN ISO 22476-12;

- длабочина и времетраење на тестовите за опаѓање на порниот притисок, ако е применливо.

Секое отстапување од условите дадени во EN ISO 22476-1 или EN ISO 22476-12 ќе се оправда и прикаже. Особено се коментираат влијанијата врз резултатите.

9.2.3. Проценка на резултатите од тестовите

Во прилог на дадените барања, за проценките ќе се користат и теренските извештаи и извештаите од тестовите во согласност со EN ISO

22476-1 или EN ISO 22476-12. Можните геотехнички влијанија врз отпорот на пробивање ќе се земат предвид при проценката на резултатите од тестовите, на пр. за глина, при проценката треба да се користи отпорот на статичко пробивање коригиран за влијанието на порниот воден притисок, (q_t).

9.2.4. Употреба на резултатите од тестовите и изведените вредности

Употребата на резултатите од тестовите и изведените вредности се користат за пресметка на носивост и слегнување на темели, односно плиткит темели и носивост на кол.

- **Носивост и слегнување на плиткит темели**

Ако носивоста или слегнувањето на плитките темели е изведено од резултатите од CPT, ќе се користи или полуемпириски или аналитички проектен метод. Ако се користи полуемпириски метод, сите карактеристики на методот ќе се земат предвид.

- Доколку за слегнувањето на плитките темели се користи полуемпириски метод од резултатите од CPT, во овој метод се применува само Јунговиот модел на еластичност добиен од q_c .

Ако за носивост се користи примерот за аналитички метод од EN 1997-1:2004, недренираната јакост на смолкнување на ситно тло, (c_u) може да се определи за CPT со:

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{N_k}$$

или, во случај за CPTU, од:

$$c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}}$$

Каде:

q_c - е отпорот на статичко пробивање

q_t - е отпорот на статичко пробивање коригиран на влијанието на порните притисоци;

N_k и N_{kt} - се коефициенти одредени според локалното искуство или

сигурни корелации

σ_{vo} - е почетното вкупно литостатско напрегање на длабочината што се разгледува.

Ако за носивост се користи примерот за аналитички метод од EN 1997-1:2004, аголот на отпорот на смолкнување (φ') може да се одреди од конусниот отпор (q_c), врз основа на локалното искуство, земајќи ги предвид влијанијата на длабочината, како што е соодветно.

- Пример за изведување на вредностите на ефективниот агол на отпорот на смолкнување (φ') и дренираниот Јунгов модул на еластичност (E') за кварц и фелдспад песоци од отпорот на статичко пробивање (q_c) се дадени во табелата 10.

Индекс на густина	Отпорот на статичко пробивање (q_c) (од СРТ)	Ефективен агол на отпорот на смолкнување ^a , (φ')	Дрениран Јунгов модул ^b , (E')
	МР	°	Мра
Многу растресити	0,0 – 2,5	29 – 32	< 10
Растресити	2,5 – 5,0	32 – 35	10 – 20
Средно густе	5,0 – 10,0	35 – 37	20 – 30
Густе	10,0 – 20,0	37 – 40	30 – 60
Многу густе	> 20,0	40 – 42	60 – 90

^{a)} Дадените вредности важат за песоци. За иловити почви треба да се направи намалување за 3°. За чакал треба да се додадат 2°.

^{b)} E' е апроксимација од напрегањето и од секант модулот зависен од време. Дадените вредности за дренираниот модул одговараат на слегнувањата за 10 години. Тие се добиени со претпоставка дека распределбата на вертикалното напрегање ја следи 2:1 апроксимацијата. Освен тоа, некои истражувања укажуваат на тоа дека овие вредности можат да бидат 50 % пониски во иловита почва и 50 % повисоки во чакалеста почва. Во претерано набиени крупни почви модулот може да биде значително повисок. Кога се пресметуваат налегнувања за земјени притисоци поголеми од 2/3 проектниот притисок на носивост во крајна гранична вредност, модулот треба да се постави на половина од вредностите дадени во оваа табела.

Табела 10

- Пример на корелација меѓу отпорот на статичко пробивање и ефективниот агол на отпорот на смолкнување

Во продолжение е даден пример за изведување на ефективниот агол на отпорот на смолкнување (φ') од отпорот на статичко пробивање (q_c) од СРТ во песоци.

Детерминистичката корелација се чита како што следи:

$$\varphi' = 13,5 \times \lg q_c + 23$$

каде:

φ' - е ефективниот агол на отпорот на смолкнување, во $^\circ$;
 q_c - е отпорот на статичко пробивање, во МПа.

Овој однос важи за слабо гранулирани песоци ($C_u < 3$) над подземните води и отпор на статичко пробивање во опсег $5 \text{ МПа} < q_c < 28 \text{ МПа}$.

Подетално образложени методи, исто така, можат да се користат за одредување на φ' од q_c , земајќи го предвид ефективното вертикално напрегање, стисливоста и степенот на претерана консолидираност. Ако за пресметување на слегнувањата се користи прилагоден метод за еластичност од резултатите од СРТ, корелациите меѓу конусниот отпор (q_c) и дренираниот (долготрајно) Јунгов модул на еластичност (E) зависи од природата на методот: полуемпириски метод за еластичност, или метод на теоретска еластичност. Полуемпириските методи можат да се користат за пресметување на слегнувањата во крупнозрнести почви. Кога се користи метод на теоретска еластичност, дренираниот (долготрајно) Јунгов модул на еластичност (E) може да се одреди од конусниот отпор (q_c), врз основа на локалното искуство. Корелациите меѓу едометарскиот модул (E_{oed}) и конусниот отпор (q_c), исто така, можат да се употребат за пресметување на слегнувањата на плитките темели. Често се применува следниот соодност меѓу E_{oed} и q_c :

$$E_{\text{oed}} = a \times q_c$$

каде:

a - е фактор на корелација зависен од локалното искуство.

Кога се користи метод на теоретска еластичност за пресметување на слегнувањата на плитките темели, може да се користи едометарски модул што е зависен од напрегањето (E_{oed}), врз основа на q_c .

• **Носивост на кол**

Ако крајниот отпор на притисок или крајниот влечен отпор на колови во согласност со EN 1997-1:2004, 7.6.2.3 или 7.6.3.3 се изведе од резултатите од CPT, правилата за пресметки засновани на локално воспоставените корелации меѓу резултатите од статичките тестови со товар и резултатите од CPT ќе се користат.

- *Пример на корелација меѓу отпорот на притисок на еден кол и отпорот на статичко пробивање*

Во табелите подолу се дадени примери од воспоставените корелации меѓу резултатите од статичките тестови со товар и резултатите од CPT за крупнозрнести тла со малку или без ситни зрна. Единица отпор на основата p_b и единица за отпор на столбот p_s за на самото место.

- *Единица отпор на основата p_b за на самото место лиени колови во крупнозрнести почви со малку или без ситни зрна се дадени во табелата 11.*

Нормализирано слегнување s/D_s ; s/D_b	Единица за отпор на основата p_b , во МПа, при просечен отпор на статичко пробивање q_c (CPT) во МПа			
	$q_c = 10$	$q_c = 15$	$q_c = 20$	$q_c = 25$
0,02	0,70	1,05	1,40	1,75
0,03	0,90	1,35	1,80	2,25
0,10 (= sg)	2,00	3,00	3,50	4,00

Меѓувредностите може да бидат линеарно интерполирани.
Во случај со колови лиени на самото место со зголемена основа на колот, вредностите ќе се помножат со 0,75.

s - е нормализирано слегнување на главата на колот

D_s - е дијаметарот на столбот на колот

D_b - е дијаметарот на основата на колот

s_g - е крајното слегнување на главата на колот

Табела 11

- *Единицата отпор на столбот p_s за на самото место лиени колови во крупнозрнести почви со малку или без ситни зрна се дадени во табелата 12.*

Просечен отпор на статичко пробивање q_c (CPT) МПа	Единица отпор на столбот p_s МПа
0	0
5	0,040
10	0,080
> 15	0,120
Меѓувредностите можат линеарно да се интерполираат	

Табела 12

9.3. КОРЕЛАЦИЈА

МК-стандардот го пропишува начинот на испитување на отпор на тлото при породор на конус со интегрално или специфично триење по периметарот на цевката. Испитувањето се применува кај кохерентни и некохерентни тла.

Главната цел на овој стандард е со добиените вредности да се врши:

- утврдување хомогеност односно хетерогеност на тлото,
- идентификација на тлото,
- оцена на збиеност, односно конзистенција на природното или насипаното тло,
- процена на параметрите на цврстина и деформибилност на тлото,
- процена на слегнувањето на тлото,
- процена на носивост на шипови.

Основен прибор во овој стандард е: статички пенетрометар, конусна глава и метална цевка. Тестирањето се изведува „insitu“. Експериментот за статичка пенетрација се изведува на два начина, и тоа: *континуирано испитување и сукцесивно испитување*.

Добиените резултати од тестирањето на тлото се прикажуваат графички, а заедно со податоците мора да биде наведен и системот на мерењето.

Евростандардот -статичко пробивање (CPT) со својот тест исто како и МК-стандардот има за цел да се одреди отпорот на тлото и меките карпи при пробивањето на конусот и локалното триење врз цевката.

За овој тест се користи истиот прибор како и кај МК-стандардот, односно конусен пенетрометар. За разлика од МК-стандардот, во Еурокод 7 се прават и други тестови за таа цел, и тоа: тест со пресиометар (PMT), тест со флексибилен дилатометар (FDT), стандартен пенетрециски тест (SPT), тестови со динамичко сондирање (DP), сондирање со тег (WST), теренски тест со перки (FVT), тест со рамен дилатометар (DMT) и тест со плоча (PLT). Целите на сите тестови главно се исти.

Прикажување на резултатите од тестовите ќе бидат според методот кој го налагаат барањата дадени во EN ISO 22476-1 за електричните CPT и CPTU, или EN ISO 22476-12 за механичките CPT.

За разлика од МК-стандардот, евростандардот ги опфаќа и можните геотехнички влијанија врз отпорот на тлото при самото тестирање. На пример, при проценка на резултатите од тестовите за глинесто тло треба да се користи отпорот на статичко пробивање коригиран за влијанието на порниот воден притисок, (q_t).

Добиените резултати од тестовите во евростандардот и изведените вредности од нив се користат за пресметка на носивост и слегнување на темели, односно плитките темели и носивост на кол.

За слегнувањето на плитките темели овој стандард пропишува пресметка со помош на аналитички метод во случај кога тестирањето е вршено и механички и електрично. Од отпорот на статичкото пробивање (q_c) од CPT во песоци со овој стандард се добива и ефективниот агол на отпорот на смолкнување (φ').

Крајниот отпор на притисок или влечен отпор на еден кол (шип) според овој стандард, доколку се изведе од резултатите добиени со CPT, за пресметка на носивост на кол ќе важи правилото на корелацијата меѓу отпорот на притисок на тој кол и отпорот на статичко пробивање.

Евростандардот дава табеларни резултати за отпорот на основата на колови кои се лиени на самото место во крупнозрнести почви со малку или без ситни зрна.

Овој евростандард, за разлика од МК-стандардот, пропишува повеќе

начини на тестирање при пенетрирање. Овозможува пресметка и на плитките темели, а не само на колови што не е случај во МК-стандардот. Овозможува пресметување на ефективниот агол, ги опфаќа можните геотехнички влијанија врз отпорот при тестирањето, така што сите тие прописи евростандардот го прават попрецизен во добиените резултати, а и овозможува избор при пенетрирањето како и олеснителни околности со електричните пенетрациски тестови.

10. КОРЕЛАЦИЈА НА МК - СТАНДАРД МКС У_Б1_032 И ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892-5

10.1. МК-СТАНДАРД, МКС У_Б1_032

Одредување на стисливост на тло

10.1.1. Преглед на стандардот, намена и негов принцип на одредување

Овој стандард го пропишува начинот на одредување на стисливост на тлото во услови кога е спречено бочно ширење на тлото. Со овој стандард се одредуваат карактеристиките на стисливоста на тлото при различни степени на оптоварување и во различни временски интервали, од што се добива дијаграм на временски интервал на консолидација на тлото, а од што се предвидува временскиот период на слегнувањето на предметниот објект.

МК-стандардот има свој принцип на одредување, изведен лабораториски каде што се користат соодветни непореметени примероци, вештачко збиени примероци, или примероци вградени со влажност на граница на течење. Во зависност од видот на тлото, примероците се со пречник од 7 до 10 см и висина од 2 до 4 см. Тестирани во специјален апарат за стискање т. н. *едометар*. Примерокот се оптоварува со различен степен на притисок и истовремено се надгледува промената на волуменот на примерокот при секој степен на притисок во различен временски интервал. Покарај едометар, во постапката се користи *дефлектометар* и *секундометар*.

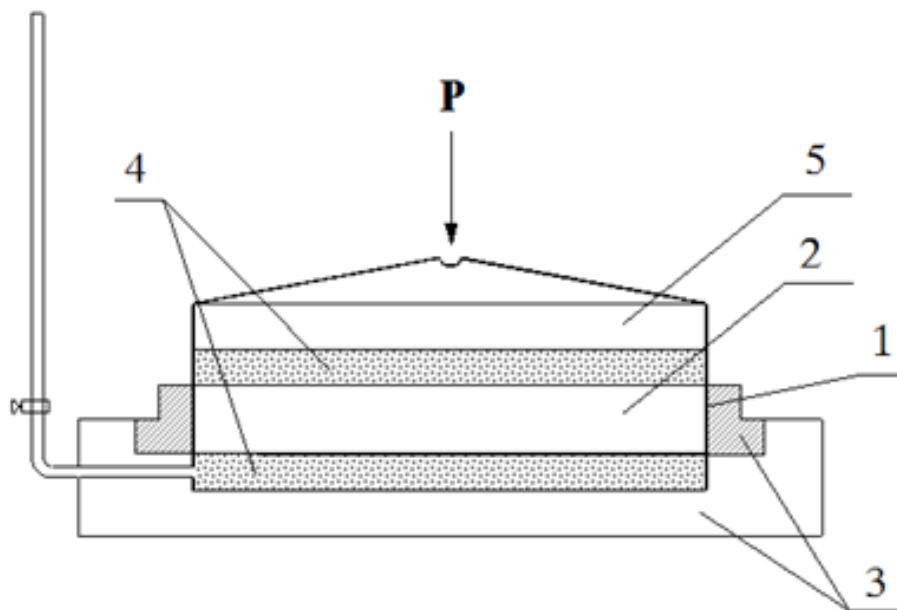
Примерокот со влажност на граница на течење се вградува на следниот начин: Подготвениот пореметен материјал се меша хомогено со вода така што

материјалот има влажност на граница на течење. Потоа ваквиот подготвен примерок директно се истура во цилиндарот, кој претходно е ставен во ќелијата врз долната порозна плоча. По исполнувањето на цилиндарот се става горната порозна плоча и ќелијата се става во уредот за оптоварување.

10.1.2. Опрема во постапката

- Едометар (сл. 14) кој го сочинуваат следните делови:
 - метален цилиндар (1) во кој се наоѓа примерокот (2);
 - метална ќелија (3) во кој се става цилиндарот со примерокот;
 - горна и долна порозна плоча (4) кои овозможуваат рамномерно оптоварување, и
 - метална плоча (5), која лежи врз горната порозна плоча преку која се оптоварува примерокот;
 - уред кој предизвикува вертикално оптоварување од 0,5 до 24 kp/cm^2 , во зависност од видот на тлото.

Опремата за одредување на влажноста е според МК-стандардот „одредување на влажноста на извадоци од почвата“.



Сл. 14

10.1.3. Прибор во постапката

- секундометар;
- дефлектометарот се поместува за 10 мм при мерење на вертикална деформација, со прецизност на мерењето од 1/100 мм;
- нож со прстенест облик за вадење на примерокот;
- нож за обработка на примерокот;
- микрометар за мерење на висината на примерокот, со прецизност на мерење од 1/100 мм.

10.1.4. Постапка за одредување

Кога примерокот заедно со цилиндарот е ставен во ќелијата, а таа е поставена во уредот за оптоварување, се пушта вода во примерокот низ цевката за довод на вода во која водата се одржува во висина еднаква со горната површина на примерокот. Потоа примерокот се оптоварува постепено со следните оптоварувања. 0,25; 0,50; 1,00; 2,00; 4,00; 8,00; 12,00 kP/sm² и понатаму до најголемото оптоварување што се очекува под објектот. Потоа при секој степен на оптоварување, во моментот на оптоварувањето се пушта во работа *секундометарот*. Тој се пушта во временски интервали од: 5; 15; 30 секунди, 1; 2, 5; 15; 45 минути, 2; 5; 24 часа и потоа на секои 24 часа сè додека консолидацијата на примерокот се чита на *дефлектометарот* со слегнување кое одговара на дадениот примерок. Се смета дека консолидацијата е постигната тогаш кога слегнувањето на примерокот $\Delta h \leq 0,02$ мм за време од 24 часа. По постигнувањето на консолидацијата за еден степен на оптоварување се преминува на наредниот степен на оптоварување (доколку е тоа потребно) и се повторува постапката на истиот начин сè до предвиденото оптоварување на тлото. По завршувањето на испитувањето за слегнување на тлото под оптоварување, примерокот со истата постапка се растоварува за да може да се одредат еластичните особини на тлото.

По завршувањето на постапката во момент на целосно ослободување од оптоварување примерокот се вади од цилиндарот и се мери, потоа се суши целосно и повторно се мери. На тој начин се одредува содржината на вода во тлото за дадениот пример. Освен тоа, се одредува волуменската и

специфичната маса на тлото според МК-стандардите „одредување на волуменска маса на материјалот од тлото без пори“ и „одредување на волуменска маса на материјалот од тлото со пори со помош на гумен балон“.

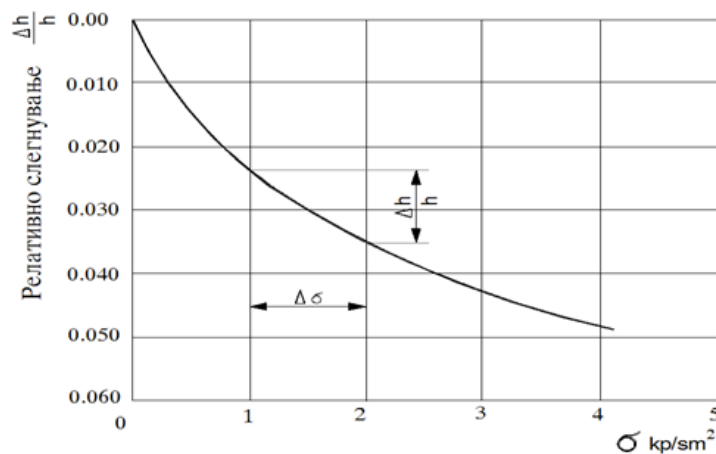
10.1.5. Прикажување на резултатите

Резултатите од постапката за одредување на вредностите се прикажани на неколку начини, и тоа:

- со дијаграм за релативно слегнување сл. 15
- со дијаграм за промена на коефициентот на порозност, сл. 16;
- со дијаграм за временски интервал на слегнување до потполна консолидација, сл. 17,

каде што врз основа на овие дијаграми:

- **се пресметува модулот на стисливост** $m_v = \frac{v_o}{\Delta \sigma}$ kp/sm^2 ,
- $\Delta \sigma$ = прираст на оптоварувањето, во kp/sm^2 ;
- $\Delta h/h$ = прираст кој одговара на релативното слегнување.

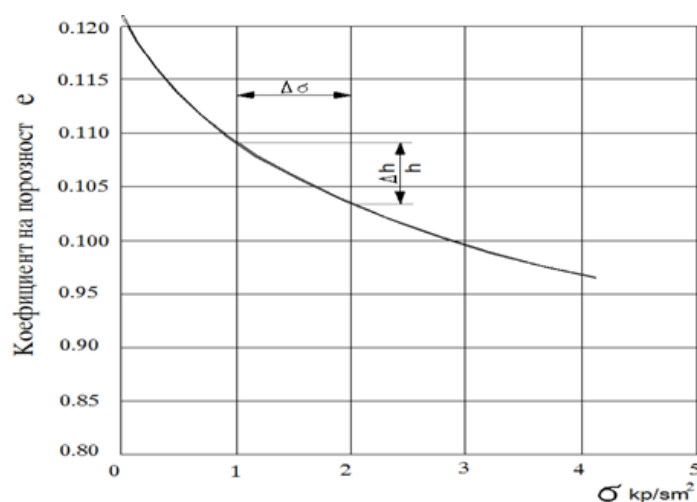


Слика 15

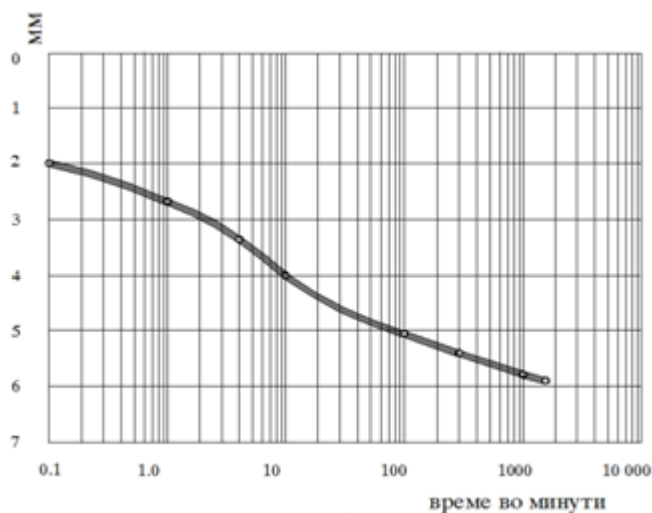
- **се добива коефициент на порозност** $e = \frac{h-h_o}{h_o} - \frac{\Delta h}{\Delta \sigma}$
- h = висина на неоптоварениот примерок, изразено во мм;
- h_o = висина на примерокот без пори, изразено во мм, $h_o = \frac{\gamma_z}{\gamma_s} \cdot h$
- γ_s = специфична тежина на примерокот, γ_z = волуменска тежина на примерокот;

- Δh_x = големината на слегнувањето на примерокот при оптоварување $\Delta \sigma_x$
- Од дијаграмот за промена на коефициентот на порозност се добива модулот на стисливост $mv = \frac{\Delta \sigma}{\Delta e} (1+e)$
- $\Delta \sigma$ = зголемувањето на оптоварување, во kp/sm^2 ;
- Δe = разлика која одговара на коефициентот на порозност;
- e = коефициент на порозност пред оптоварувањето.

$$e = \frac{h-h_0}{h_0}$$



Слика 16



Слика 17

Со помош на овој стандард е дадена вообичаена класификација на тлото според големината на m_v и тоа:

- за $m_v = 0$ до 20 kp/sm^2 вонредно стисливо тло;
- за $m_v = 21$ до 50 kp/sm^2 многу стисливо тло;
- за $m_v = 51$ до 100 kp/sm^2 средно стисливо тло;
- за $m_v = 101$ до 400 kp/sm^2 средно-малку стисливо тло;
- за $m_v = 401$ до 1000 kp/sm^2 малку стисливо тло;
- за $m_v = 1001$ до $\infty \text{ kp/sm}^2$ многу малку стисливо тло;

10.2. ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892-5

Тестирање на тло за стисливост и деформации

(Геотехнички истражувања и испитувања - Лабораториски испитувања на тло – Едометарски тест со променлив товар)

10.2.1. Преглед на евростандард

Овој стандард се заснова врз лабораториско испитување на почвата и ги покрива барањата за мерење на особините на деформациите на тлото со триаксијален апарат и едометар, каде што е спречено странично ширење на тест-примерокот. Со овој стандард, покрај едометарските тестови за притисок, се опфатени бабрењето и потенционалниот лом на почвениот материјал. Со овие тест примери се одредуваат особините на тлото за притисок, консолидација, бабрење и воспоставување на параметрите на стисливост на почвата во несатурирана состојба.

10.2.2. Барања

Овој стандард има свои барања кога се однесува на земање тест-примерок од почвата. За одредување на стисливост на слој од глина, иловица или органско тло се користат непореметени примероци од класа на квалитет 1, додека за пренабиени тест-примероци ќе мора да се одреди: составот, густината и содржината на вода, важни за *in-situ* условите и метод за подготовка на тест-примерок. Кога со овој стандард се одредуваат особините на

стисливост на еден слој на тло, ќе се земаат предвид следните ставки:

- постоечки резултати од теренски истражувања;
- постоечки мерења на слегнувањето од соседни локации;
- број и квалитет на примероците;
- број и вид на теренски испитувања;
- посебните третмани потребни за чувствителните и цементираните примероци;
- подготовка на тест-примерокот;
- ориентација на тест-примерокот;
- потребата за дополнителни тестови за класификација.

Условно, во овој стандард е иницијалното вертикално напрегање да не го надмине вертикалното ефективно напрегање *in-situ*. Во тестот за притисок, највисокото применето вертикално напрегање треба добро да го надмине максималното ефективно вертикално напрегање што би се појавило *in-situ*. Во тест за бабрење, опсегот на опаѓање на вертикално напрегање што ќе се примени за време на тестот треба да го опфати опсегот на напрегања што би се појавиле *in-situ*. Кога се тестира потенцијалот за лом, тест-примероците треба да се изберат соодветно на постоечкото знаење за однесувањето на почвата кога е подложена на потопување. Напрегањата на тест-примерокот врз кој се применува потопување ќе бидат во врска со опсегот на вертикалните напрегања што би се појавиле *in-situ*.

10.2.3. Детални информации за тестовите за стисливост на тло

Евростандардот за стисливост на почвата содржи табела во која е даден препорачаниот минимален број на едометарски тестови како функција на варијабилност за еден слој на тло и на постоечкото споредбено искуство со тој вид на почва. Се работи за слој кој значително придонесува за слегнувањето на конструкцијата.

Варијабилност на едометарскиот модул (во релевантен опсег на напрегања)	Споредбено искуство		
	Нема	Средно	Обемно
Опсег на вредности на $E_{\text{oed}} \geq 50 \%$	4	3	2
$\approx 20 \%$ < Опсег на вредности на $E_{\text{oed}} < \approx 50 \%$	3	2	2
Опсег на вредности на $E_{\text{oed}} < \approx 20 \%$	2	2	1 ^a

Табела 13

Во овој стандард постојат четири широко користени методи за одредување на стисливоста на тлото:

- пресметки со измерените слегнувања;
- емпириска проценка на индиректни *in-situ* истражувања како што е сондирање;
- тестови со мерења *in-situ*, како што е тестот со плоча и тестот со пресиометар;
- тестови со притисок врз почвени примероци во лабораторија.

Според овој евростандард пресметките според измерените слегнувањата под споредливи напрегања можат да бидат сигурен метод за да се проценат карактеристиките на стисливоста. За темели на песок и чакал, теренските испитувања, на пр. за сондирањето често се користат (се толкуваат емпириски и најчесто врз основа на споредливо искуство). Кога се очекуваат песоци, крупна почва, иловица и глина, е пожелна комбинација од теренски и лабораториски методи. Највообичаени вредности за изразување на стисливоста се едометарскиот модул (E_{oed}), коефициентот на стисливост (m_v), индексот на притисок (C_c) и притисокот на преконсолидација (σ'_p). Растоварувањето и опуштањето на притисокот можат да се изразат со индексот на отекување (C_s). Сите овие вредности се изведуваат директно од соодветните делови на кривите на притисок. Секој од споменатите параметри може да се користи во едноставните анализи на слегнување на плитките темели. Слегнувањата како последица на ползење може да се пресмета со користење на коефициентот на секундарен притисок (C_α), а коефициент на консолидација c_v може да се изведе со користење на теоријата за едnodимензионална консолидација. Овој евростандард опфаќа и тестови за триаксијална деформибилност, а се прават за да се одредат модулите за деформации,

односно параметри на крутост. Со овој тест за деформации можат да се одредат деформации помали и од 0,1 %. Но за сето тоа се потребни посебни (врвно софестицирани) инструменти кои мерат напрегања и деформации во висока резолуција. Крутоста може да се опише со комплетна крива, или со конвенционална вредност. Пример, со иницијалниот Јунгов модел на еластичност (E_0), или со E_{50} што одговара на 50 % од макс. напрегање на смолкнување, итн.

10.3. КОРЕЛАЦИЈА

МК-стандардот го пропишува начинот на одредување на стисливоста на тлото во услови кога е спречено бочното ширење на тлото. Принципот на одредување се состои од тест-примерок, тестиран во лабораторија со помош на *едометар*. Во зависност од видот на тлото не бара посебни услови, освен големината на пречникот и висината на тест-примерокот кои варираат во тесни граници (7 – 10 и 2 – 4 см.).

Покрај *едометарот* во МК-стандардот се користат уште и *секундометар* и *дефлектометар*. Резултатите од тестовите се прикажуваат со помош на дијаграми од каде што се читаат потребните резултати.

Постапката за одредување на модулот за стисливост е многу едноставна и се сведува само на лабораториско испитување. Покрај стисливоста, со постапката на тестот се дава можност за одредување и на содржината на вода во дадениот пример од тлото. Аналогно на тоа се одредуваат волуменската и специфичната маса на тлото според МК-стандарди за истите.

Од сето тоа може да се заклучи дека МК-стандардот е прилично едноставен во постапката, не многу скап, повеќенаменски и ги дава сите потребни резултати за кои е и наменет.

Еврокодот 7 ги пропишува барањата за мерење на особините на деформациите на тлото. Овде се користи *едометар* и *триаксијален апарат*. Едометарот се користи кај тестот за стисливост, а триаксијалниот апарат се користи кај тестовите за одредување на модулите на крутост за даден слој од тлото. Постапката на тест-примерокот со едометарот е идентична како и кај МК-

стандардот, со таа разлика што овде се опфатени и тестови за проценка на потенцијален лом. Целта на тоа е да се постават параметри на стисливоста на почвата во несатурирана состојба, и да се процени дополнителниот притисок по потопувањето поради структурниот лом на тлото. Разлика има и во тоа што овој стандард за разлика од МК-стандардот за различни видови слоеви од тлото користи тест-примероци со различни карактеристики и класа на квалитет важни за *in-situ* условите, а што придонесува за поточно добиени резултати. Покрај лабораториските тестови овде се користат и постоечки резултати од теренски истражувања, постоечки мерења на слегнувањето од соседни локации, се предвидуваат посебни третмани потребни за чувствителните и цементираните примероци, и се разгледува потребата за дополнителни тестови за класификација.

Во евростандардот се користат четири методи за одредување на стисливоста на тлото, и тоа: пресметки со измерени слегнувања, емпириска проценка на индиректни *in-situ* истражувања како што е сондирање, тестови со мерења *in-situ*, како што е тестот со плоча и тестот со пресиометар, и тестови со притисок врз почвени примероци во лабораторија. Самото користење на овие методи бара, покрај лабораториските тестови, и теренски испитувања (сондирање). Но и тоа е еден доказ дека еврокодот дава поточни резултати.

За разлика од МК-стандардот каде што стисливоста се изразува само преку вредноста која го дава модулот за стисливост m_v , во еврокодот изразување на стисливост може да се даде преку повеќе вредности, и тоа: едометарскиот модул (E_{oed}), коефициентот на стисливост (m_v), индексот на притисок (C_c) и притисокот на преконсолидација (σ'_p). Растоварувањето и опуштањето на притисокот може да се изрази со индексот на истекување (C_s). Сите овие вредности се изведуваат директно од соодветните делови на кривите на притисок. Коефициент на консолидација c_v може да се изведе со користење на теоријата за еднодимензионална консолидација.

Но сите тие посложени тестови со пософистицирани апарати и теренското испитување (сондирање) еврокодот го прават поскап и подолготраен наспроти малите разлики во точноста на резултатите што се добиват во однос на МК-стандардот, а што за наши услови тоа не би било оправдано, освен кога се работи за специфични и капитални објекти.

11. КОРЕЛАЦИЈА НА МК - СТАНДАРД МКС У_Б1_034 И ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892-11

11.1. МК-СТАНДАРД, МКС У_Б1_034

Одредување коефициент на водопропустливост

11.1.1. Предмет и принцип на испитување на стандардот

Овој стандард го пропишува начинот на кој се одредува коефициентот на водопропустливост на тлото. Коефициентот за водопропустливост е важен во решавањето на проблематиката кај консолидација на тлото, потоа во пресметките за стабилност на косини, за решавање на дренирање и за пресметки на филтери.

Тест-примерокот на тлото се изложува под притисок на воден столб кој предизвикува протекување на водата низ тест-примерокот. Потоа се мери протечената количина на вода во одреден временски интервал, а со што се добива просечната брзина на движење на водата низ тест-примерокот.

11.1.2. Апарати, опрема и прибор

За одредување на коефициентот за водопропустливост се применуваат два вида апарати:

- апарат за мерење на водопропустливост со константен притисок на вода,
- апарат за мерење на водопропустливост со намалување на притисокот на вода.

Апаратот кој работи со константен притисок на вода, сл. 18, е составен од:

1. метален цилиндар, кој од долната страна има капак со вграден филтер од соодветен материјал и други две вградени метални сита, едното со помали а другото со поголеми отвори, и горен капак со вграден филтер без метални сита
2. и двете поклопки имаат по еден приклучок за вода
3. приклучок за одвод на водата
4. уред за одржување константен хидрауличен притисок

5. стаклена епрувета со соодветен капацитет
6. два соодветни стола за поставување на уредот.

Апаратот кој работи со намалување на притисок на вода, сл. 19, е составен од:

1. метален цилиндар кој има долен перфориран капак над кој се вградени две метални сита со помали и поголеми отвори, и горен метален конусен капак со отвор за цевка за довод на вода во цилиндарот,
2. градиусна цевка од просирен материјал со соодветен пречник,
3. плитки садови со истек исполнети со вода каде што се става цилиндарот.

Освен тоа, е потребна опрема за одредување влажност на тлото, дадено во стандардот МКС У.Б1.012, и опрема за одредување на волуменска тежина на тлото, дадено во стандардот МКС У.Б1.016.

Потребниот прибор се состои од: секундометар, инка со чеп, градиусна епрувета од 500 и 1.000 , и нож за обработка на тест-примерокот.

11.1.3. Постапка на одредување со константен притисок на вода

Тест-примерокот се вградува во цилиндарот со притискање, сл. 18 (1), со соодветен пречник d и должина l , во зависност од видот на тлото, така што тест-примерокот да биде што подобро прилепен до ѕидовите на цилиндарот. Добро се порамнуваат долната и горната површина на тест-примерокот со рабовите на цилиндарот. Цилиндарот се става на долниот капак и заедно со него се ставаат на подножјето (основата). Во долниот капак се вклучува цевка (3) која е поврзана со уредот (4). Потоа се става горниот капак на кој е приклучена цевката за истекување на вода каде што под таа цевка се става градиусната епрувета (5). Тогаш уредот (4) се исполнува со вода и се чека додека од цевката за истекување на вода не протече првата капка вода. Тоа е моментот кој кажува дека тест-примерокот е потполно заситен со вода. Во тој момент се вклучува секундометарот и во одредени временски интервали, и во зависност од видот на тлото во тест-примерокот, се мери протечената количина на вода Q во епруветата (5). Коефициентот на водопропустливост k во sm/s се пресметува според формулата:

$$K = \frac{Q \cdot l}{A \cdot t \cdot H}$$

Q-количина на протечена вода низ тест-примерокот, во ;

l-должина на тест-примерокот, во см;

A- површина на пресекот на тест-примерокот, во ;

t- време за кое количината на вода Q има протечено, во s;

H – висина на водениот столб од горната површина на тест-примерокот до горната површина на водата во уредот (4), во см.

11.1.4. Постапка на одредување со намалување на притисокот на вода

На цилиндарот му се става долниот капак, сл 19. Цилиндарот со тест-примерокот заедно со долниот капак се ставаат во уред со мал притисок на вода кој притиска одоздола и се остава додека водата не помине низ тест-примерокот, односно додека не се засити со вода.

Потоа, цилиндарот со заситениот тест-примерок се става во сад со вода (3), така што долната површина на тест-примерокот да биде на ниво со горната површина на водата во садот. На цилиндарот му се става гумен прстен (4), а врз него се става горниот капак со вградена радиусна епрувета. Потоа, и двата капака се прицврстуваат за цилиндарот. Се пушта деаерирана вода да го исполни конусниот дел на горниот капак и радиусната цевка така што разликата помеѓу нивоата на водата во цевката и плиткиот сад да изнесува 70 до 100 см. Тогаш се вклучува секундометарот и се чита висината на водениот столб (H1) во цевката. Кога висината на водениот столб во цевката ќе дојде на посакуваната вредност (H2), тогаш секундометарот се запира и се чита поминатото време.

Коефициентот на водопропустливост (k) во sm/s се пресметува според формулата:

$$K = 2,3 \cdot \frac{A \cdot l}{A1 \cdot t} \log \frac{H1}{H2}$$

A - површина на внатрешниот пресек на радиусната епрувета, во ;

A1- површина на пресекот на тест-примерокот, во ;

l - должина на тест-примерокот, во см;

t- временска разлика помеѓу двете читања, во s;

H1-висина на водениот столб во цевката на почетокот од мерењето, во см;

H2 - висина на водениот столб во цевката на крајот од мерењето, во см.

11.1.5.Корекција на коефициентот за нестандартни температури

Ако е потребно во текот на тестирањето да се земе предвид и влијанието на температурата на водата врз вискозитетот на водата, тогаш коефициентот за водопропустливост за стандардна усвоена температура на водата од 20 °C се добива со помош на следната формула, а за различни работни температури на водата:

$$K_{20\text{ }^{\circ}\text{C}} = \frac{\eta_t}{\eta_{20\text{ }^{\circ}\text{C}}} kt$$

η_t - вискозитет на водата во работна температура,

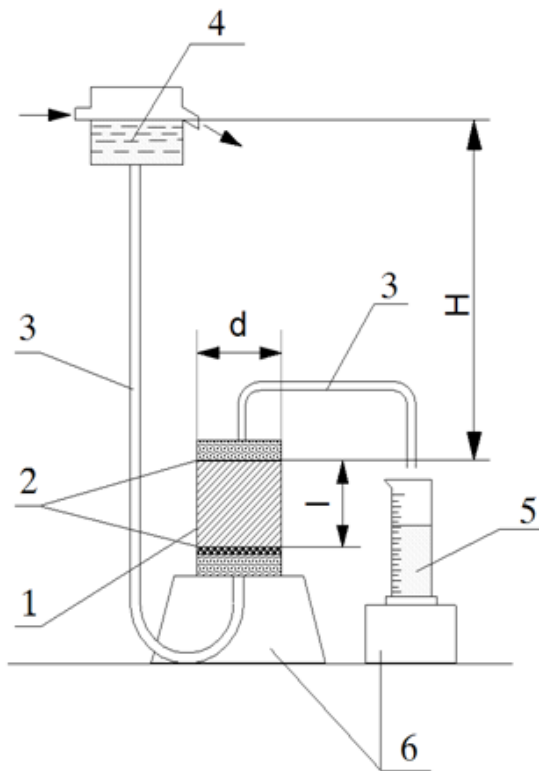
$\eta_{20\text{ }^{\circ}\text{C}}$ - вискозитет на водата на стандардна температура од 20 °C,

kt - вредност на коефициентот на водопропустливост во работна температура

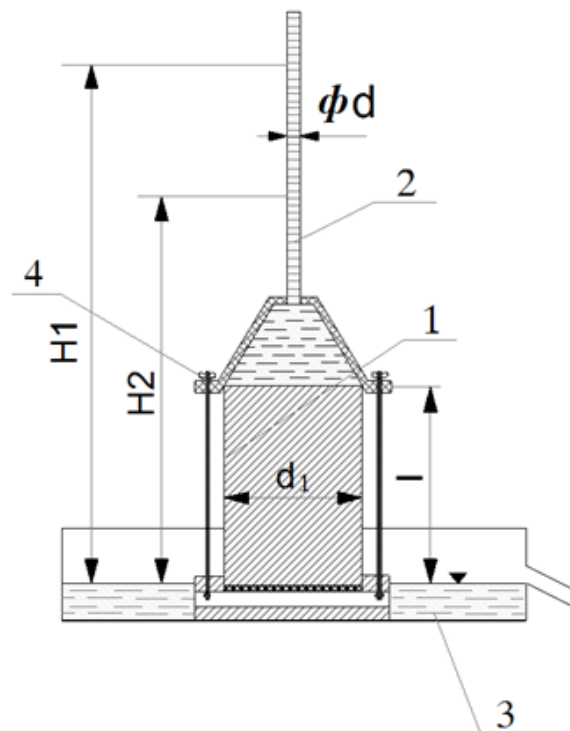
Вредностите на вискозитетот на водата за различни температури се дадени во табела 14

Температура на вода во °C	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Вискозитет во g/sm ² /s	0,0138	0,0130	0,0123	0,0117	0,0111	0,0105	0,0100	0,0096	0,0091	0,0087	0,0083	0,008

Табела 14



Слика 18



Слика 19

11.2. ЕВРОКОД 7, CEN ISO/TS 17892-11

Тестови за пропустливост на почвата

11.2.1. Цели на евростандардот

Целта на тестирањето е да се постави коефициентот на пропустливост (хидраулична проводливост) за воден проток низ сатурирано тло со вода.

11.2.2. Барања

Кога се одредува коефициентот на пропустливост на слој од тлото, ќе се разгледаат следните ставки:

- претпочитаниот тест за одредување на пропустливоста;
- ориентацијата на тест-примерокот;
- потребата за дополнителни тестови за класификација.

Во зависност од условите каде ќе се користат резултатите од испитувањата, ќе се одреди следното:

- **во иловица, глина и органска почва:**

- под кои услови на напрегање ќе се испитува тест-примерокот;
- под кој хидрауличен градиент ќе се испитува тест-примерокот;
- правецот на протокот низ тест-примерокот;
- потребата од противпритисок и потребниот степен на сатурација;
- хемијата на исцедената течност.
- критериумот за постигнување и одржување на условите на стабилен проток.

- **во песок и чакал:**

- под кој хидрауличен градиент ќе се испитува тест-примерокот;
- до кој индекс на густина треба да се подготви тест-примерокот;
- потребата од противпритисок и потребниот степен на сатурација.

Хидрауличниот градиент во лабораториски експеримент треба да е близок на тој од теренските, освен ако поради одреден проблем не е побарано поинаку. При избирањето на хидрауличниот градиент, ќе се провери дали градиентот во лабораторискиот тест и *in-situ* градиентот се во рамките на доменот на примена на Дарсијевиот закон (Дарси). Во извештајот треба да се напоменат сите познати отстапувања од стандардната постапка на тестот. Кај тестовите за пропустливост на глина, органско тло или иловица, треба да се користат само тест-примероци од тло со класа на квалитет 1 или 2. За песок и чакал, можат да се користат тест-примероци со класа на квалитет 3 и можат да бидат пренабиени или премоделирани почвени примероци. Потребно е да се потврди дека промената во волуменот поради консолидацијата незначително влијае врз измерената пропустливост на тест-примерокот.

При испитувањето на одреден слој на почвен материјал е потребно да се земе двапати повеќе материјал од истата почвата од тоа што е потребно, а за бројот на тест-примероците кои треба да се испитаат. Тест-примероците треба да бидат избрани така како би можеле да ги претстават екстремите во релевантните својства на тлото, односно состав, индекс на густина, сооднос на празнини итн. Хидрауличниот градиент во глина и иловица треба да биде помал од 30, а во песок помал од 10. Во зависност од видот на тлото и потребната течност на коефициент на пропустливост, во тестот за

пропустливост треба да се земе предвид потребниот степен на сатурација.

Во табелата 15 се дадени упаства за минималниот број на тестови како функција од варијабилноста на почвата и на постоечкото споредбено искуство за тој вид на почва.

Варијабилност во измерениот коефициент на пропустливост (k)	Споредбено искуство		
	Нема	Средно	Обемно
$k_{\max}/k_{\min} > 100$	5	4	3
$10 < k_{\max} / k_{\min} \leq 100$	5	3	2
$k_{\max}/k_{\min} \leq 10$	3	2	1 ^a
^a еден тест и тестови за класификација за да се потврди компатибилноста со постоечкото искуство.			

Табела 15

Во табелата, спецификацијата на само еден тест претставува верификација од постоечкото знаење. Ако резултатите од испитувањата не се согласуваат со постоечките податоци, во тој случај е потребно да бидат извршени дополнителни тестови.

11.2.3. Проценка и употреба на резултатите од тестовите

Со проценката треба да се добие:

- до кој степен граничните услови (степен на сатурација, правец на притисок, хидрауличен градиент, состојби на напрегање, густина и слоевитост, странично протекување и губитоци на притисокот во филтерите и цевките) влијаат врз резултатите од испитувањата.

- колку блиску овие услови одговараат на состојбите на теренот.

За делумно сатурирана почва, многу помали вредности можат да бидат значајни отколку вредностите измерени во случај на целосна сатурираност. Соодветно внимание треба да му се посвети на тоа дали е потребно да се примени корекција за температура.

Коефициентот на пропустливост може да се пресмета од податоците од тестовите под претпоставка дека важи Дарсијевиот закон. Првенствено постојат

четири широко користени методи за одредување на коефициент на пропустливост (хидраулична спроводливост):

$$K = \frac{QL}{Aht}$$

- теренски тестови, како што се тестови за пропустливост со пумпање и тестови со дупка;
- емпириски корелации со гранулометрискиот состав;
- проценка од едометарскиот тест ;
- тестови за пропустливост на тест-примероци од почва во лабораторија.

Проценувањето на коефициентот на пропустливост може да биде оптимизиран со комбинација од овие методи.

Големи разлики во коефициентот на пропустливост може да има дури и во хомоген почвен слој, а тоа може да биде поради малите промени на напрегањата, сооднос на празнините, структурата, големината на честичките и положбата на слоевите. Најсигурен метод за да се добие вредноста на коефициент на пропустливост е методот на теренски испитувања. Коефициентот на пропустливост на почвениот слој треба да беде опишан со горните и долните гранични вредности, дури кога станува збор и за хомоген слој на тло.

За иловици и глини, изведувањето на коефициент на пропустливост од резултатите од тестовите со едомер со променилив товар дава само приближна проценка. Едометарските тестови со константна стапка на деформации обезбедуваат подиректна мерка за пропустливоста. Кај хомогени песоци, коефициентот на пропустливост може да се процени на прецизен начин со корелации со гранулометарскиот состав.

За глина, иловица и органска почва можат да се добијат непореметени примероци со висок квалитет, а како резултат на тоа лабораториските тестови можат да дадат сигурни резултати од испитувањата.

За некои видови на тло, степенот на сатурација може да влијае врз коефициентот на пропустливост до три реда величини. Хемијата на пропуштена течност може да го промени коефициентот на пропустливост за неколку реда

величини.

Коефициент на пропустливост може да се употреби за проектирање ископи и земјени брани за да се процени количината на исцедување, за да се процени колку е остварливо работењето со нивото (намалување) на подземните води, проектирање на Шпундова подграда, проценување на притисоците на исцедување итн.

Примери за постапки за испитување на пропустливост на почвата се дадени во:

ISO/DIS 17.313, квалитет на почвата – одредување на хидраулична спроводливост на заситени порозни материјали и др.

DIN 18.130-1: 1998, почва. Испитување и тестирање. Одредување на коефициент на водопропустливост – лабораториски тестови.

11.3. КОРЕЛАЦИЈА

МК-стандардот го пропишува начинот на одредување коефициент на водопропустливост на тлото, а кој се користи во решавањето на проблематиката кај консолидација на тлото, стабилност на косини, дренажење и за пресметки на филтери. Во МК-стандардот одредувањето на коефициентот на водопропустливост се врши во лабораторија и за таа цел се применуваат два вида на апарати, т. н. *апарат за мерење на водопропустливост со константен притисок на вода* и *апарат за мерењена водопропустливост со намалување на притисокот на вода*.

За добивање на коефициентот на водопропустливост на тлото се користат две различни формули, во зависност од тоа со кој вид апарат ќе се изведува експериментот. Но со кој било вид апарат да се испитува, кога станува збор за исто тло, се добива идентичен коефициент.

$$K = \frac{Q \cdot l}{A \cdot t \cdot H}$$

МК-стандардот во своите тестови, кога е тоа потребно, го опфаќа и вискозитетот на водата кој зависи од температурата на самата вода. Во тој случај како стандардна температура се зема 20 С. МК-стандардот вредностите на вискозитетот на водата за различни температури ги дава во посебна табела.

Посебни предуслови во смисла на видот на почвениот материјал кој е предмет на тестирање во МК-стандардот не се бараат.

Еврокодот 7 исто како и МК-стандардот го пропишува начинот на одредување коефициент на водопропустливост на тлото. За разлика од МК-стандардот каде не се прави разлика за каков вид на почвен материјал се работи, во евростандардот во зависност од видот на тлото се одредени и условите кои треба да ги исполнува тестот. И тоа кај глинещото тло се бара под кои услови на напрегање се прави тестот, потоа под кој хидрауличен градиент, правец на проток, степен на сатурација, хемија и критериум за стабилен проток. Услови кои се бараат при испитувањето на тест-примерокот кај песокливото тло се: хидрауличниот градиент, индекс на густина на тест-примерокот и потребниот степен на сатурација.

Покрај споменатите услови кои се бараат во евростандардот, се бараат и услови за класа на тло, и тоа: за глинещото тло смее да се користи само тло од 1 и 2 класа, а кај песокливите - 3 класа.

Кога е во прашање хидрауличниот градиент во лабораториски услови тогаш тој треба да е многу близок на тој од теренскиот и треба да се провери дали е во доменот на примена на Дарсијевиот закон. Тој во глинещото тло треба да биде помал од 30, а во песокливо помал од 10. Покрај тоа, треба да се земе предвид и потребниот степен на сатурација. Се користат и споредбени искуства за кои има табела за варијабилност во измерениот коефициент на пропустливост. Корекцијата на температурата на водата се применува и во евростандардот.

Коефициентот на пропустливост се пресметува од податоците од тестовите каде под претпоставка важи Дарсијевиот закон според дадената формула (според која и во МК-стандардот се добива коефициентот на пропустливост), а се користат дури четири методи, и тоа:

$$K = \frac{QL}{Aht}$$

- теренски тестови, како што се тестови за пропустливост со пумпање и тестови со дупка;
- емпириски корелации со гранулометрискиот состав;

- *проценка од едометарскиот тест ;*
- *тестови за пропустливост на тест-примероци од почва во лабораторија.*

Бидејќи и во двата стандарда коефициентот на пропустливост се пресметува според истата формула, тоа значи дека се добива и истиот резултат, но со предност во точноста на евростандардот поради претходно споменатите предуслови кои се бараат во самите тестови.

ДИСКУСИЈА

Бидејќи стандардите се засновани врз некои претходни други стандарди или норми, и бидејќи се донесувани посебно во секоја држава или поголема заедница (како на пр. ЕУ) независно од други, а главно се донесувани според своите потреби и можности, затоа е нормално да има и разлика кога се прави корелација помеѓу стандарди кои се усвоени од две различни државни институции. Во случајот МК-стандард и еврокод.

Но од друга страна, бидејќи се работи за стандарди од технички карактер, а за нивно применување и усвојување насекаде низ светот се користени формулации, тестови, примери, искуства и сл. од меѓународна литература и примери, тоа пак, придонесува кај повеќето стандарди, иако усвоени од различни државни институции. Сепак, да има и доста идентичност па дури и да се исти.

Еврокодот 7 кој ги дава прописите од областа на Геотехниката се состои од два дела, и тоа: Прв дел *„Општи правила“* и втор дел *„Истражни работи и испитување на тлото“*.

Првиот дел *„Општи правила“* е одобрен од страна на CEN во април 2004, а неговата примена започна од ноември 2004 год. Овој дел го заменува ENV 1997-1:1994. Во овој дел се опфатени прописите за: Основи на геотехничко проектирање; Геотехнички податоци; Надзор на градењето, следење и одржување; Насипување, одводнување, подобрување и зајакнување на тлото; Плитко темелење; Колови темели; Анкерни конструкции; Потпорни конструкции; Хидрауличен лом; Свкупна стабилност и Насипи.

Вториот дел *„Истражни работи и испитување на тлото“* е одобрен во

февруари 2007, а со негова примена се започнува од март 2007 год. Овој дел ги заменува ENV 1997-2:1999, ENV 1997-3:1999. Во овој дел се опфатени прописите за: Планирање на истражувања на земјиштето; Земање примероци од почва и карпи и мерења на подземните води; Теренски тестови во почва и карпи; Лабораториски тестови на почва и карпи и Извештај од истражувањата на земјиштето.

МК-стандардите се прифатени и усвоени од поранешните ЈУ-стандарди кои датираат од 1968 до 1992 год. Од областа на Геотехиката од страна на Република Македонија се усвоени вкупно 13 стандарди, и тоа: *Општа класификација на тло; Теренска идентификација на примероци од тло; Одредување на влажноста на извадоци од тло; Одредување волуменска маса на тло со пори со помош на гумен балон; Одредување на граналуметарски состав на тло; Одредување волуменска тежина на тло без пори; Одредување на конзистенција на тлото; Испитување на директно смолкнување на тло; Испитување на директно смолкнување на тло во триаксијален апарат; Одредување цврстина на притисок на тло; Одредување отпор на тлото со метод на статичко пенетрациско сондирање; Одредување на стисливост на тло и Одредување коефициент на водопропустливост.*

Еврокодот 7 ги опфаќа сите потребни прописи кои се битни во Геотехниката, почнувајќи од планирање и проектирање па сè до теренски и лабораториски тестови. Додека МК-стандардите се однесуваат само на прописите од теренски и лабораториски тестови.

ЗАКЛУЧОК И ПРЕПОРАКИ

Во оваа тема се опфатени единаесет стандарди за кои е направена корелација, за два МК-стандарда не е правено корелација од причина што во еврокодот овие два стандарда воопшто не се спомнуваат, а тоа се стандардите за: *Одредување волуменска маса на тло со пори со помош на гумен балон и Одредување на граналуметарски состав на тло.* Кај некои од стандардите за кои е правена корелација, таа е само приближна од причина што главната цел и намена на тие стандарди не е иста, а и се усвојувани под различни критериуми. Но кај некои има доста сличност. Важно што може да се заклучи е

тоа дека еврокодот 7 кој ги опфаќа сите потребни стандарди од областа на геомеханиката, секогаш пропишува повеќе и поточни резултати во споредба со МК-стандардите. Тоа е од причина што во еврокодот се користат пософистицирани опреми, тестовите се изведувани под строги критериуми, секогаш се земат предвид споредбените искуства, покрај лабораториските тестови, задолжително се опфаќаат и теренските тестови, in-situ состојба на тлото е секогаш предвидена, и др. Но, од друга страна, сите овие правила и прописи што ги дава еврокодот, и објектите изградени според овие стандарди, се доста поскапи и посложени, што пак, за наши услови, секогаш и не е исплатливо да се применува, посебно кога се работи за помали и секојдневни проекти каде што и нема потреба од толкави строги критериуми. Додека, кога се работи за капитални и важни објекти, во тој случај е пожелно, дури и потребно, да се применуваат прописите кои ги нуди еврокодот 7.

МК-стандардите главно се базираат на резултати добиени од тестови изведени лабораториски, освен некои кои ги пропишуваат теренските класификации на тлото и пенетрациските тестови. Главна карактеристика, како што веќе рековме е тоа што при тестирањето не се бара софистицирана опрема, тестовите се изведуваат на едноставен начин, овозможуваат теренска идентификација на тлото во случај кога не се можни или потребни лабораториски тестови (што не е случај кај еврокодот), а прописите кои ги бараат се доволно сигурни и прифатливи, така што сите тие карактеристики МК-стандардите ги прават доволно сигурни и прифатливи.

Но, од причина што усвоените МК-стандарди не ги опфаќаат сите проблематики како што ги опфаќа еврокодот 7, затоа е потребно тие прописи да се најде начин како да се прилагодат или целосно да се прифатат во пакетот МК-стандарди од областа на геомеханиката, а оние кои веќе постојат може да се дополнат со некои прифатливи прописи од еврокод 7, но тоа да биде прифатливо за наши услови. Повеќето од сегашните МК-стандарди за наши услови (од економски и технички причини) се поприфатливи отколку стандардите во еврокод 7.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

1. МАКЕДОНСКИ СТАНДАРДИ

2. ЕВРОКОДОВИ (EUROCODE 7)

3. **Terzaghi K.**(1943): Theoretical soil mechanics, John Willey and sons, New York, (1943)

4. **Deere D.U.** (1969): Geological consideration, Rock Mechanics, John Wileyand soon

5. **Јовановски М.**, (2013): Инженерска геологија, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје, Градежен факултет - Скопје

6. **Kujundzic B.**(1977): Osnove mehanike stena, Gradjevinski kalendar, SIT, Beograd, 1977

7. Zbirka Jugoslovenskih pravilnika i standarda za gradzevinske konstrukcije - Kniga 6/1 Geotehnika i fundiranje (1995) Beograd

8. Линкови од веб страни:

- <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:17892:-8:ed-1:v1:en>
- <http://www.en-standard.eu/iso-ts-17892-12-geotechnical-investigation-and-testing-laboratory-testing-of-soil-part-12-determination-of-atterberg-limits/?gclid=Cj0KEQjw1pWrBRDuv-rhstiX6KwBEiQA5V9ZoW5q3egTbIVsdMltGIHHgp1qfWSv62P52zQZahYOXilaAiiJ8P8HAQ>
- http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=38525
- <http://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=BS+EN+ISO+14688-2%3A2004%2BA1%3A2013>